

Zonas de interfaz urbano-forestal en las Islas Baleares. Determinación de las zonas prioritarias de actuación para la prevención de incendios forestales.

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària
Grado en Ingeniería Forestal



Autor: M. Amador Buñola Pedrol
Tutor: Pere Joan Gelabert

17/07/2019

Índice

1	Introducción	3
2	Área de estudio	8
3	Materiales y métodos	11
3.1	Materiales	11
3.2	Determinación de la FCC	11
3.3	Obtención de datos de edificaciones y de las masas forestales	13
3.4	Creación de clases	15
3.5	Determinación de las zonas prioritarias de actuación	16
4	Resultados	18
5	Discusión	27
6	Medidas de prevención.....	30
7	Valoración económica y posibles salidas a la madera	33
8	Conclusión	34

1 Introducción

En los últimos años ha aumentado la preocupación ante los incendios de cuarta generación, es decir, aquellos que se desarrollan en zonas de interfaz urbano-forestal (IUF) (Martín, 2012), definido como zonas forestales que entran en contacto con zonas edificadas (Service & Thompson, 2001).

En la actualidad se está produciendo un incremento de los episodios de fuego en las zonas urbano-forestales de España, en 2015 se produjeron un 40% más de evacuaciones en relación al número de siniestros que en 2005 (Hernández, 2017). Hay principalmente dos factores que justifican este incremento, por un lado existe un aumento de las existencias y la biomasa forestal (Figura 1) que facilita la propagación del incendio, y por otra parte la tendencia a la dispersión de los procesos de urbanización, especialmente en ámbitos metropolitanos y litorales (Martín, 2012).

En España y otros países del sur de Europa, el paisaje se ha visto sometido a un cambio de los usos del suelo debido al abandono rural, la disminución de los aprovechamientos tradicionales del monte, el cese del pastoreo extensivo y la forestación de zonas marginales poco productivas. De esta forma hemos pasado de tener paisajes equilibrados, a otros cubiertos con cada vez más vegetación, con densidades elevadas y por consecuencia más vulnerables a las perturbaciones (Moreno, 2007).

Tabla 1: Evolución del volumen de madera por superficie arbolada por CCAA. Fuente: (SECF, 2010).

CC.AA	VCC(m ³ /ha)			Ratio de variación (%)
	1975	1996	2009	1975-2009
Andalucía	16,6	17,9	24,4	46,6
Aragón	34,4	37,6	47,1	37,5
Asturias	75,1	88,5	104,9	39,6
Baleares	35,5	44,5	40,4	13,6
Canarias	86,2	90,1	101	17,2
Cantabria	77,4	116,6	117,7	51,9
Castilla y León	40,4	40,4	51,6	27,7
Castilla La Mancha	34,7	26,8	30,6	-11,8
Cataluña	45,3	57,4	72,7	60,4
Extremadura	10,3	13,1	17,3	68,5
Galicia	62,7	86,5	94,7	51,1
La Rioja	59,3	74,2	91,5	54,5
Madrid	33,2	34,8	40,3	21,6
Murcia	17	11,7	21,9	28,6
Navarra	95,7	121,8	118,1	23,5
País Vasco	81,3	106,6	137,8	69,5
Comunidad Valenciana	20,6	17,4	26,6	29,4
Total	38,7	42,2	50,5	30,3

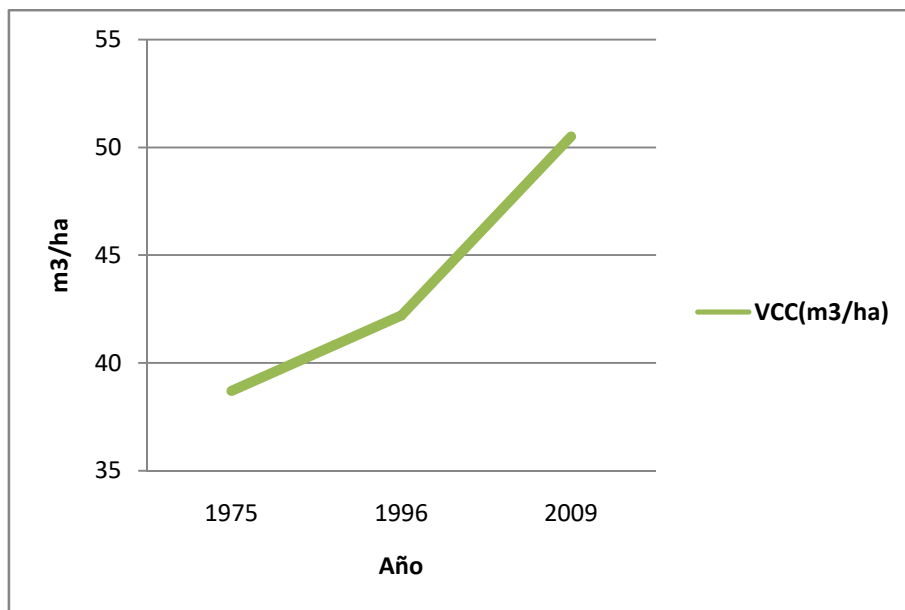


Figura 1: Evolución del volumen de madera (m^3/ha) en España. Fuente de datos: (SECF, 2010). Elaboración propia.

El proceso de abandono y forestación que se ha producido a lo largo de los años se ha producido paralelamente al incremento de los grandes incendios forestales, donde el cambio climático se está convirtiendo en el principal protagonista (Moreno, 2007). Hay algunas proyecciones climáticas obtenidas de modelos climáticos globales que muestran que a lo largo de este siglo la temperatura se irá incrementando una media de $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en invierno y $0,7^{\circ}\text{C}/\text{década}$ en verano. Según el IPPC en 2100 la temperatura media global habrá aumentado de 2 a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. De la misma forma también está previsto que los episodios de sequía aumenten, así como también la duración de estos periodos (Meyer, L., Pachauri, R.K., 2014). El aumento de las temperaturas y la falta de agua en el suelo ya se están haciendo evidentes, y de cada vez será más notable. Esto está conduciendo a una mayor y más duradera desecación de los combustibles, es decir, se está aumentando la inflamabilidad, previendo que la temporada de peligro de incendios sea más duradera y que la frecuencia, intensidad y magnitud de los incendios vaya en aumento. Es por esto que la gestión de los bosques es la mejor herramienta que puede utilizar la sociedad para mitigar los efectos del cambio climático (Fernandez-González, Loidi, & Moreno-Saiz, 2005).

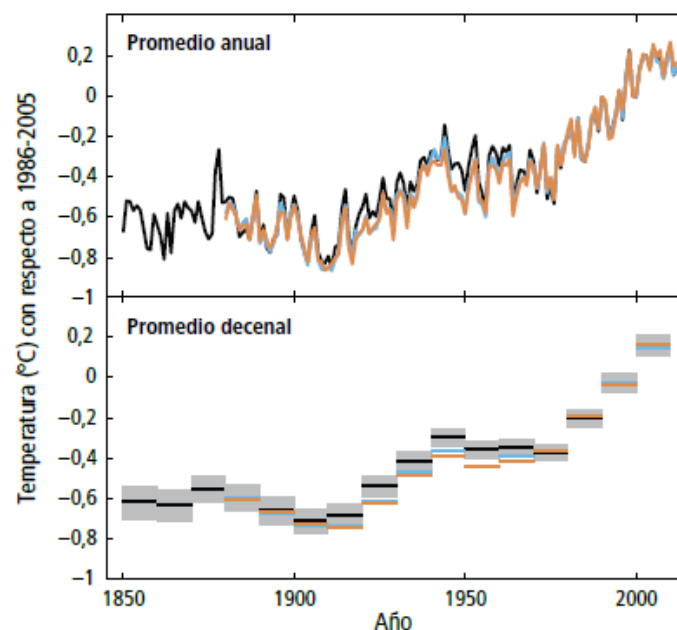


Figura 2: Aumento del promedio mundial de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas combinadas.
Fuente: (Meyer, L., Pachauri, R.K., 2014).

Otro factor es el urbanismo expansivo, definido como un patrón de asentamiento urbano de baja densidad (Carles Membrado, Huete, & Mantecón, 2017), el cual es el modelo de desarrollo urbano que más ha crecido en las principales zonas urbanas de España y también en toda la costa mediterránea (Membrado Tena, 2015). La demanda de la sociedad y la expansión de los núcleos urbanos o creación de nuevas urbanizaciones en lugares como Baleares, donde el suelo es un factor limitante y la presión humana se incrementa en temporadas turísticas (Figura 3), ha producido el contacto urbano con las zonas forestales dando lugar a la aparición de las zonas de IUF.

No hay duda de la transformación económica, social y territorial que se ha producido en las Baleares, resultado del turismo de masas (Barceló, 2000). En cuestión de 40 años se ha pasado de una sociedad tradicional, rural y agraria, a una sociedad urbana y moderna. En Baleares ha habido una diversificación económica del medio rural experimentando un proceso de rururbanización debido al aumento de la función residencial en áreas rurales, tanto de extranjeros como de residentes (Binimelis & Ordinas, 2012) reflejándose en el aumento del valor catastral del suelo rústico (Figura 4).

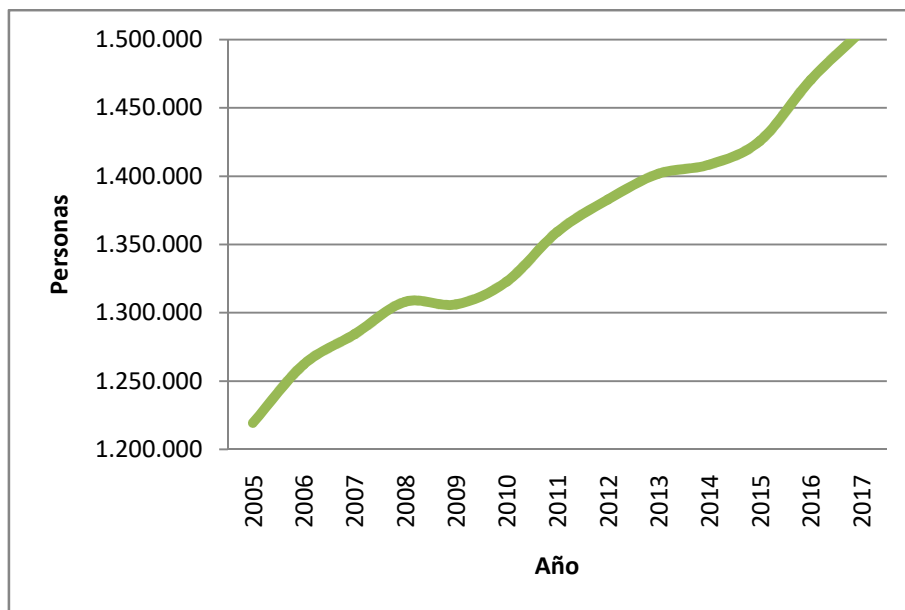


Figura 3: Índice de presión demográfica (media anual). Fuente datos: IBESTAT. Elaboración propia.

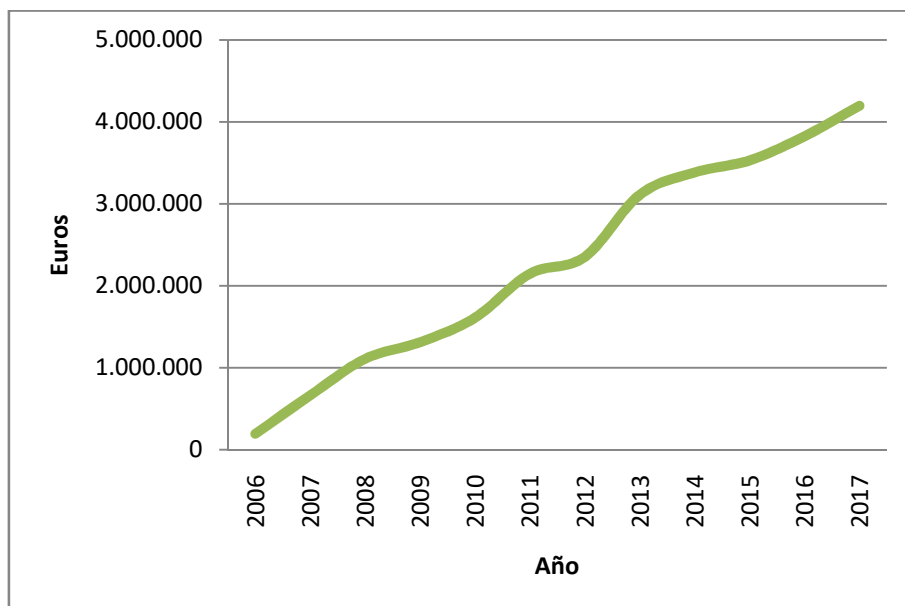


Figura 4: Evolución catastral del suelo rústico. Fuente datos: IBESTAT. Elaboración propia.

La expansión de la IUF tiene muchas implicaciones para la gestión de los incendios forestales. La IUF crea un entorno en el que el fuego puede pasar con facilidad desde bosques y matorrales a los vecindarios colindantes. Por tanto, el incremento de estas áreas ha aumentado la probabilidad de que se vean amenazadas las viviendas y personas (Martinuzzi et al., 2015). Para el estudio y gestión de estas situaciones de cada vez más se está utilizando en todas las partes del mundo la tecnología LiDAR, que permite crear información tridimensional, estimar parámetros forestales (altura, volumen, etc.) y caracterizar las superficies y cubiertas del suelo (Yépez Rincón & Lozano García, 2014). Algunos ejemplos que podemos encontrar de estudios en este ámbito son el de California (Martinuzzi et al., 2015) y el de Catalunya (Alcasena, Evers, & Vega-Garcia, 2018).

En cuanto a política forestal las prioridades han cambiado. Se ha pasado de centrarse casi totalmente en la producción de madera y otras materias primas, a hacerlo en la conservación de la naturaleza, en el paisaje y el recreo. Esta disminución de la extracción de madera y leñas ha producido un incremento significativo de la acumulación de biomasa en el monte, con alta combustibilidad. Se ha perdido el interés por la madera, las zonas forestales del mediterráneo tienen una renta económica reducida en comparación con otras zonas, debido al lento crecimiento de las especies. Además, el riesgo de incendios hace que mucha gente abandone el sector, debido a la falta de un buen sistema de seguros contra incendios. Otro dato importante a mencionar es que la mayor parte de los recursos se centran en la extinción de incendios y apenas quedan recursos para la prevención. Esto lleva en muchas ocasiones a que se acumulen todos los medios disponibles para la extinción para minimizar los daños a cualquier coste, incluso siendo superior al daño causado por el fuego (Vélez Muñoz, 2009).

Ante los incendios que se producen en estas zonas hemos llegado al punto en que ya no basta en proteger las masas forestales, sino que la gestión tiene que ir encaminada a la protección de viviendas e infraestructuras incluso de las propias vidas de los residentes. Es frecuente también en estos lugares la presencia de líneas eléctricas, depósitos, gasolineras u otras infraestructuras que son focos de alto riesgo (Barrado Rubio, 2016). Se trata de una realidad que no solo perjudica al medio ambiente, sino que también afecta al ámbito social y económico. Es un riesgo que va en dos direcciones: por un lado las viviendas asumen el riesgo de ser afectadas por un incendio forestal, y por otro lado la vegetación forestal está sujeta al riesgo de las igniciones de origen humano (Bar Massada, Radeloff, & Stewart, 2011). Con el estudio de estas zonas y su posterior representación cartográfica se busca dar a conocer los puntos más críticos, en los que realizando las intervenciones oportunas se disminuya el riesgo de que se repitan episodios catastróficos como los que tuvieron lugar el pasado año en Grecia o California. Es de vital importancia el trabajo de información y concienciación de la sociedad sobre los riesgos del fuego y más aún de zonas de IUF, por parte de entidades como Xarxa Forestal en el caso de Baleares.

La hipótesis de partida es que la información tridimensional obtenida con teledetección mediante sensores activos LiDAR de baja densidad, permite estimar el combustible forestal posibilitando evaluar la peligrosidad en entornos cercanos a áreas urbanas. Como objetivo principal se pretende elaborar una cartografía donde se delimiten esas zonas de alta peligrosidad en la interfaz urbano-forestal. Como objetivo secundario se pretende llevar a cabo una planificación de zonas prioritarias de actuación y su valoración económica.

2 Área de estudio

Las Islas Baleares están situadas al este de la Península Ibérica y cuentan con las características típicas del clima mediterráneo. Tienen una superficie total de 498.450,16 ha, de las cuales 185.712,44 ha corresponden a monte arbolado y 35.073,90 ha corresponden a monte desarbolado según el último Inventario Forestal Nacional (IFN, 2012), considerándose casi la mitad de la superficie de las Islas como superficie forestal.

El abandono agrícola, surgido a finales del siglo XX, conllevó a un aumento considerable de la superficie forestal. Los pinares perdieron utilidad y rentabilidad de forma que gracias a su gran capacidad colonizadora fueron ganando terreno en todos aquellos lugares que se habían dejado de labrar (Berbiela Mingot, 2015). De esta forma y según recogen los datos de los cuatro inventarios nacionales existentes se ha producido un continuo aumento de la superficie forestal arbolada (Figura 5). Como consecuencia de este aumento y los escasos aprovechamientos realizados, según el IFN4 las existencias se han duplicado y la biomasa presente en nuestros bosques sobrepasa los 11 millones de toneladas.

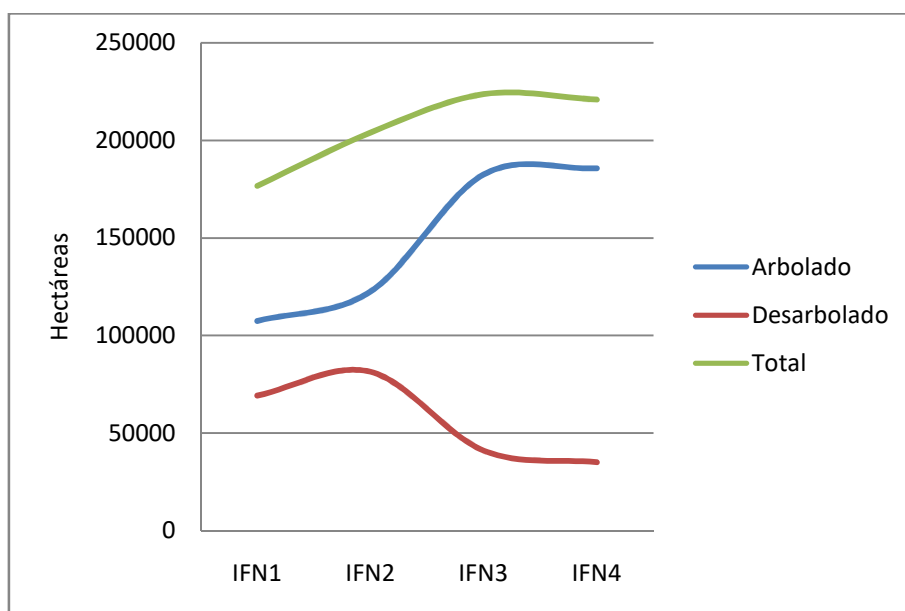


Figura 5: Evolución de la superficie forestal en Baleares. Elaboración propia.

La vegetación en las Baleares es la típica de la región mediterránea donde predominan las especies perennes y esclerófilas; son especies con las hojas pequeñas y duras con la finalidad de aguantar los periodos de sequía estival característicos del clima mediterráneo. Debido a las difíciles condiciones ambientales las especies mediterráneas son de crecimiento lento y como consecuencia están siendo sustituidas por el pino (Aguilera Sanchez, 2015).

Cabe diferenciar las diferentes formaciones arbóreas y arbustivas que podemos encontrar en nuestras Islas. En primer lugar, como formaciones arbóreas el pino carrasco (*Pinus halepensis*) es sin duda la especie que ocupa mayor superficie, concretamente un 43% del total de la superficie forestal arbolada. Seguido de esta especie encontramos como formaciones de masas puras los acebuchales (*Olea europea*), los encinares de *Quercus ilex* y los sabinars de *Juniperus phoenicea*, de mayor a menor abundancia respectivamente.

Otra de las formaciones que ocupan una buena parte del territorio son las masas mixtas de coníferas y frondosas autóctonas. En este tipo de masas aparece la encina como especie principal donde se mezcla con el pino carrasco y el acebuche.

Con menor frecuencia aparecen las masas mixtas de frondosas autóctonas, en las que pueden aparecer especies mezcladas como el acebuche, la encina, el labiérnago o el madroño. Finalmente aparecen también de manera puntual las masas mixtas de coníferas autóctonas formadas por pino carrasco y la sabina.

Tabla 2: Formaciones arboladas presentes en las Islas Baleares. Fuente: (IFN, 2012)

Formaciones arboladas	Superficie (ha)	Superficie (%)
Masas dominadas por coníferas autóctonas	82877,68	44,71
- <i>Pinushalepensis</i>	80116,85	43,22
- <i>Juniperusphoenicea</i>	2760,83	1,49
Masas dominadas por frondosas autóctonas	55409,07	29,89
- <i>Oleaeuropaea</i>	42261,81	22,80
- <i>Quercusilex</i>	13147,26	7,09
Masa mixta de frondosas y coníferas autóctonas	35906,39	19,37
Masa mixta de frondosas autóctonas	5639,16	3,04
Masa mixta de coníferas autóctonas	5553,18	3,00
Total	185385,48	100,00

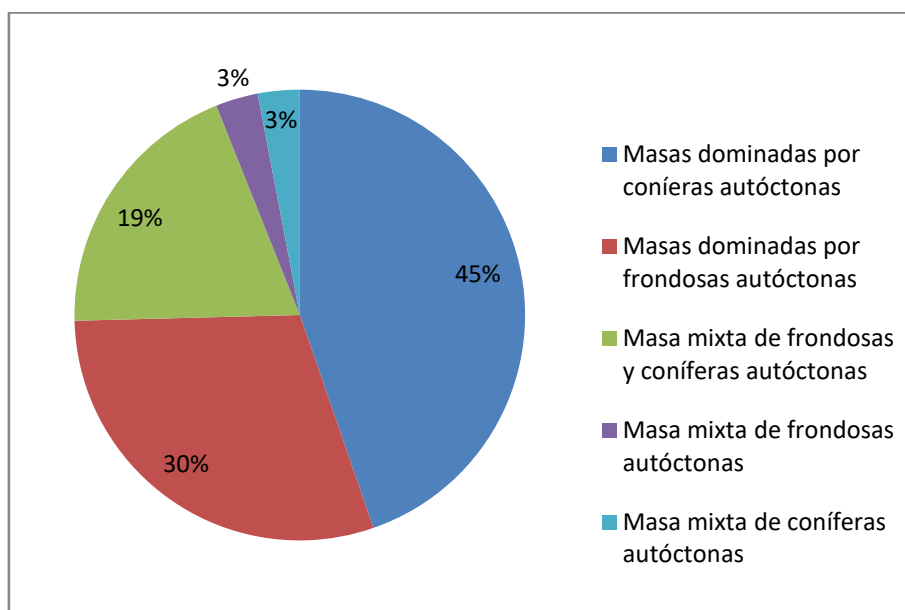


Figura 6: Principales formaciones arboladas. Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo la información del IFN4, también encontramos las formaciones forestales arbustivas, que se pueden encontrar bajo cubierta arbórea o de forma solitaria. En estas formaciones son típicas las garrigas y los lentiscars. En el caso de las formaciones arbustivas bajo cubierta arbórea son las que mayor peligro desatan ante un incendio, debido a la continuidad vertical del combustible. Cuando estas masas arden el fuego quema los diferentes estratos de la masa siendo así más difícil de frenar su avance.

Respecto a la propiedad, con datos del 2015 un 93% de los montes de las Islas Baleares son de propiedad privada, repartidos en fincas forestales y fincas agroforestales. La mayoría de estas fincas son de tamaño reducido, la superficie media se acerca a las 5 ha, lo que quiere decir que gran parte de las fincas no llegan a la hectárea. Por otra parte, se estima que el 7% del territorio forestal corresponde a montes públicos, unas 16.000 ha cuyo tamaño medio ronda las 400 ha. Tres cuartas partes de los montes públicos se encuentran catalogados como Montes de Utilidad Pública, en los que se realiza una mayor gestión por parte de la Administración. Estas cifras muestran el dominio de la pequeña propiedad privada, lo cual resulta un problema a la hora de poder realizar una buena gestión forestal.

No son pocas las zonas donde tenemos una situación preocupante en relación al tema en cuestión. Hay muchas urbanizaciones donde un incendio en sus alrededores en época de sequía y bajo condiciones meteorológicas desfavorables podría dar lugar a episodios catastróficos. Algunos ejemplos son, según bien cita el colegio de Ingeniero de Montes de las Islas Baleares en su artículo “*Viviendas y urbanizaciones en zona forestal, del riesgo inminente a la situación crítica*”: Son Net (Puigpunyent), Es Verger (Esporles), Son Font (Calvia), Monport (Andratx), Cala Tuent (Escorca), Cala Vedella (Sant Josep), Son Bou (Alaior), Cala Morell (Ciutadella), Canyamel (Capdepera), etc., así como innumerables playas con un solo acceso (Sant Elm, Cala Tuent, Formentor, Port des Canonge, etc.).

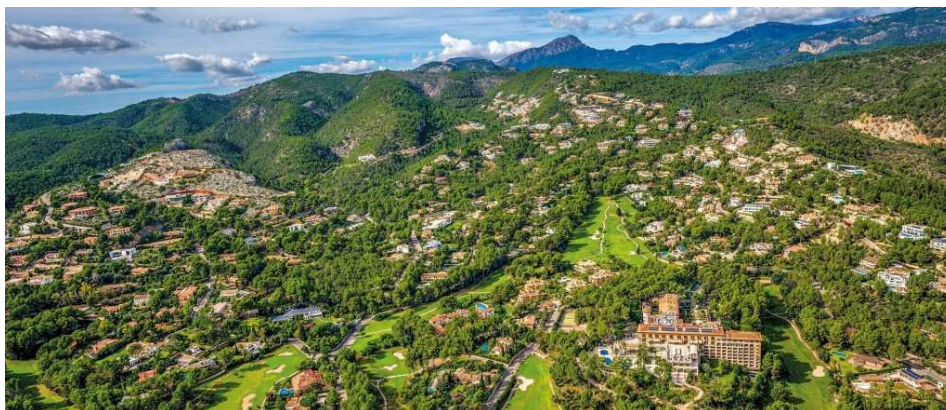


Figura 7: Son vida. Fuente: www.sonvida.com



Figura 8 y Figura 9: Port d'Alcudia (izquierda) y Port d'Andratx (derecha). Fuente: [@Xarxaforestal](#).

3 Materiales y métodos

3.1 Materiales

Para la elaboración del mapa de IUF se han utilizado los datos del LiDAR (*Light detection and ranging*), con el Software R se han obtenido las métricas en formato ráster. Éstas se exportaron para luego poder explotarlas con los sistemas de información geográfica, en este caso se ha utilizado ArcGIS.

Los datos LiDAR fueron proporcionados por el Instituto Geográfico de Nacional (IGN). Estos datos públicos pertenecen a la primera cobertura del PNOA-LiDAR, utilizando un sensor aerotransportado de pulsos discretos Leica ALS80. Se entregan, en teselas de 2 × 2 km en formato *.LAS (v. 1.2), con coordenadas x, y, z (ETRS 1989 UTM Zona 30 N) y hasta cuatro retornos registrados por pulso. La densidad promedio de puntos del área de estudio es de 0.5 puntos/m², con una precisión vertical de 10 cm.

3.2 Determinación de la FCC

Una vez descargados los archivos *.LAS, han sido sometidos a un proceso de depuración y una posterior normalización (Figura 10) que consiste en sustraer el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) al Modelo Digital de Superficie (MDS) obteniendo así las alturas de los diferentes elementos, en nuestro caso árboles y arbustos. La depuración de los datos tiene como objetivo eliminar todos aquellos puntos que han sido captados durante el vuelo del LiDAR que sean erróneos o que no interesan para el estudio, como puedan ser los edificios, líneas del tendido eléctrico, aves, etc. De esta forma se consigue una representación lo más fidedigna posible a la superficie terrestre al crear modelos del terreno (MDT) y de la superficie (MDS).

Para el cálculo de la fracción de cabida cubierta (FCC) se ha seguido la siguiente ecuación:

$$FCC = \frac{\sum_{i=1}^n r_{i \text{ primeros}} > \text{umbral}}{\sum_{i=1}^n r_{i \text{ primeros}}} \times 100$$

Definida como el sumatorio de primeros retornos que estén por encima de un umbral definido, dividido entre el total de primeros retornos, multiplicado por 100. El valor definido para el umbral es dos metros, que siguiendo la clasificación Prometheus (2000) es el valor mínimo que adquiere la altura del matorral (Prometheus S.V, 2000). Todo este proceso se ha llevado a cabo utilizando el paquete *lidR* en Rstudio.

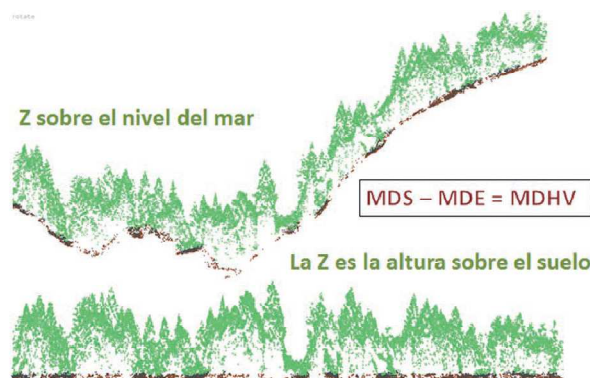


Figura 10: Proceso de normalización de los datos LiDAR. Fuente: (AGRESTA, 2017).

A partir de aquí se han mosaicado los diferentes “tiles” de FCC obtenidos del proceso de filtrado y normalización, y en sus áreas de solape se ha seleccionado el valor máximo entre los rasters. Se ha observado un bandeo en algunas zonas de solape (Figura 11), para corregirlo se ha establecido un buffer de 75 metros a cada lado de los límites de los “tiles”, lo que supone todo un píxel de un tamaño de 150 metros. Por consiguiente, se han establecido como NoData los valores erróneos. Luego se ha calculado una estadística focal con una vecindad circular que tiene como radio 2 celdas; y finalmente, mediante una función condicional se sustituyen solo los valores establecidos como NoData por los valores derivados de la estadística focal, y en el resto se dejan los valores originales (Figura 12).

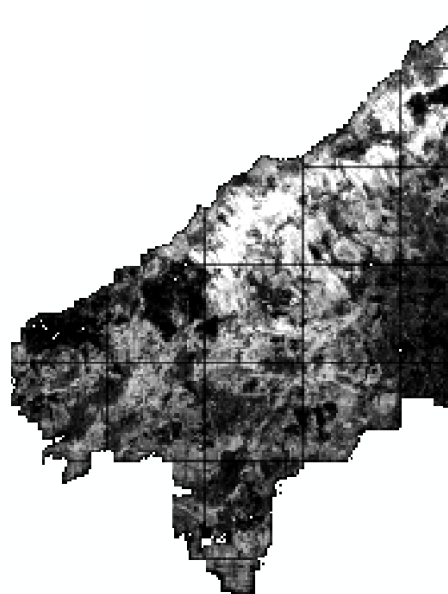


Figura 11: Banded raster of FCC. Fuente: Elaboración propia

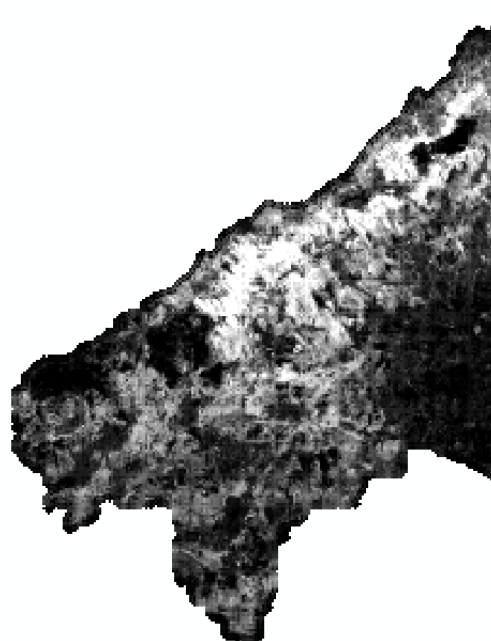


Figura 12: Corrección del bandeo. Fuente: Elaboración propia.

3.3 Obtención de datos de edificaciones y de las masas forestales

Para los datos referentes a edificaciones se ha descargado la capa de edificaciones del Mapa Topográfico Nacional 25.000 (MTN25) del IGN de las hojas correspondientes a Baleares. Una vez se dispone de todos los elementos edificados se procede a calcular el centroide de todos los polígonos y se calcula un raster con la distancia euclidiana a todos ellos con el fin de definir la distancia a los núcleos edificados. Seguidamente se ha calculado la densidad de edificaciones (Figura 13)

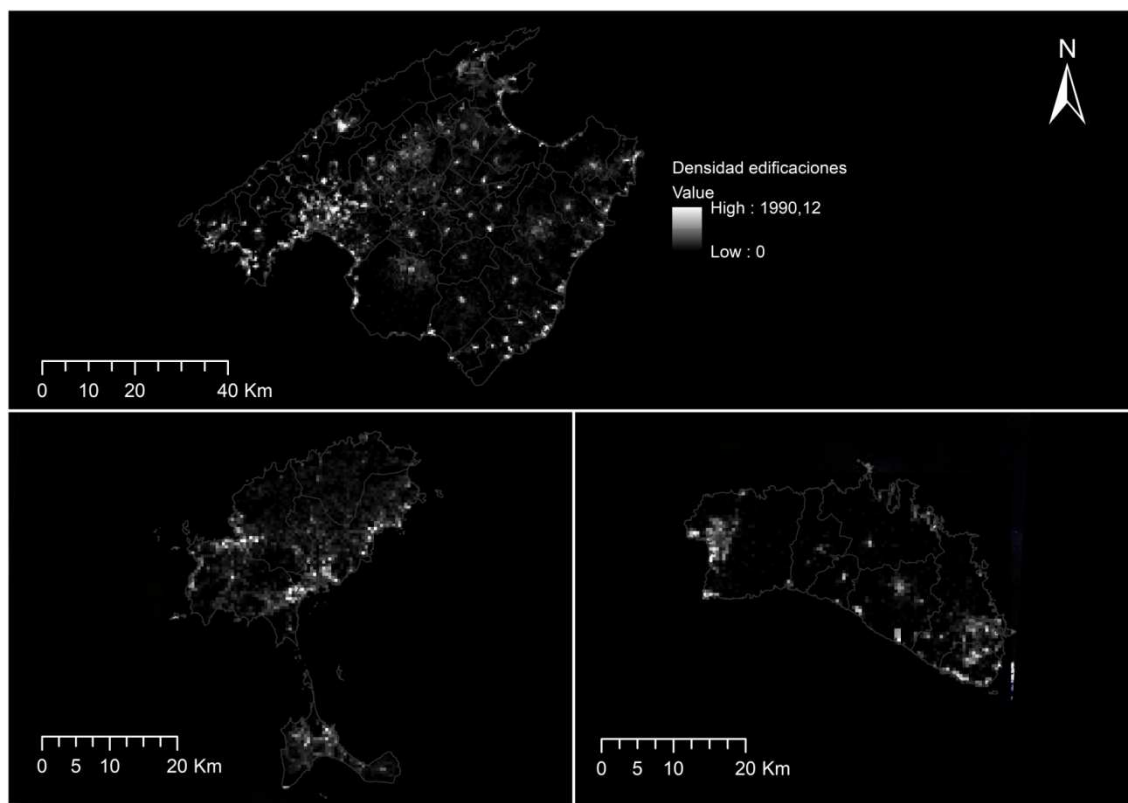


Figura 13: Densidad de edificaciones. Elaboración propia.

Por otro lado se ha obtenido el MFE (25.000) en formato .SHP de la web del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Se ha hecho un buffer de 2 km de todos los polígonos de masa arbolada y se han evaluado las densidades de población dentro de éste área. Después se han reclasificado los valores, dentro del rango de 2 km se le ha asignado el valor 1, y por encima de 2 km se ha asignado el valor 0, para poder así operar en la hora de crear las clases. Según podemos ver en el mapa de la Figura 14 solo las zonas que han quedado sin marcar son las que la distancia entre zona urbana y masa forestal arbolada es superior a 2 km. Solo encontramos alguna zona con estas características en Mallorca, concretamente, Palma y algunos pueblos grandes como Lluçmajor, Campos, Inca, etc.

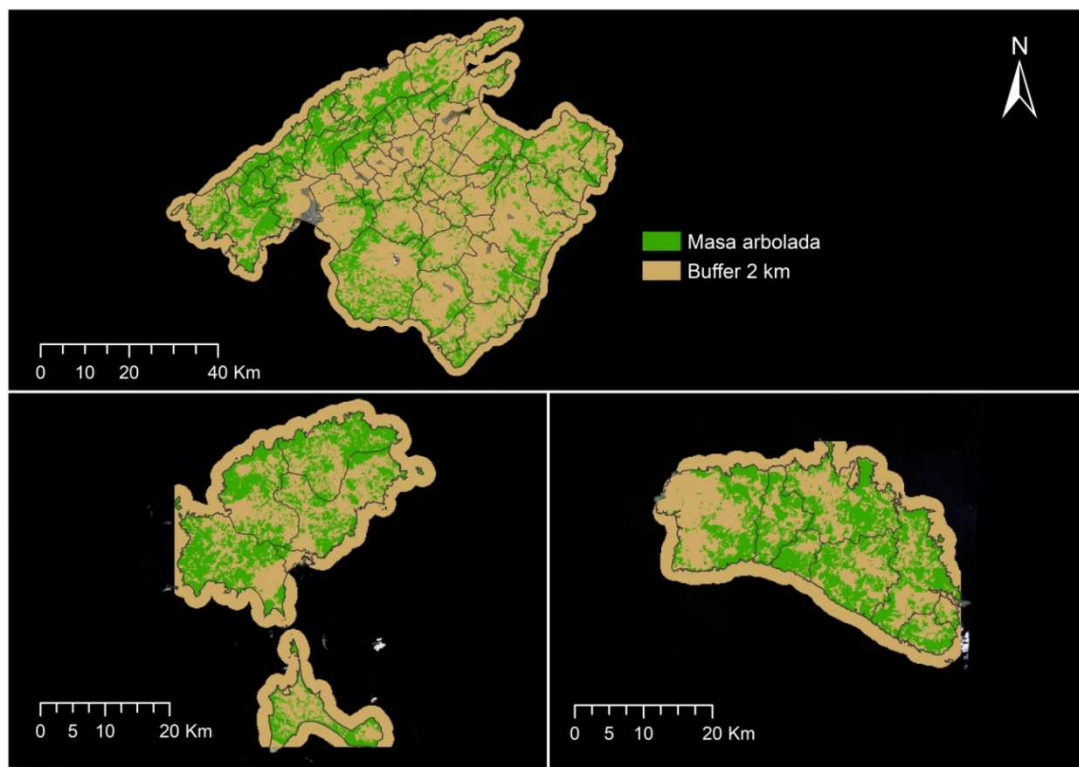


Figura 14: Masa arbolada con un área de influencia de 2km. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se ha tenido en cuenta la continuidad de la masa forestal arbolada, remarcando aquellas masas cuya superficie forestal arbolada supera los 5 km² que es lo mismo que 500ha. Para ello se ha trabajado utilizando un tamaño de pixel de 150 x 150 metros.

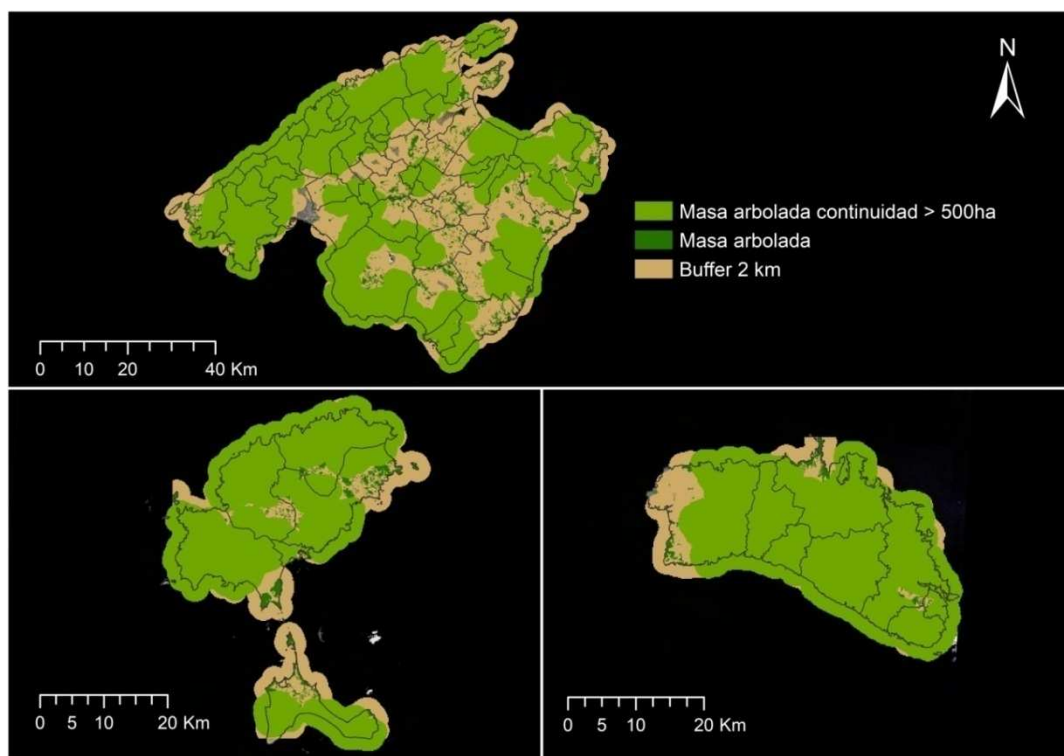


Figura 15: Determinación masas forestales con mucha continuidad horizontal.

3.4 Creación de clases

Para la creación de clases se ha tenido en cuenta un estudio previo realizado en la CCAA de Catalunya (Alcasena et al., 2018), que a su vez, se basa en estudios de California. El objetivo de establecer estas clases es clasificar el territorio atendiendo a las características urbanas y de la vegetación.

Es importante remarcar que dentro de la interfaz urbano-forestal diferenciamos dos términos: interfaz e intermix. La diferencia entre ambos se basa en las características y distribución de las edificaciones y de la vegetación. Cuando hablamos de intermix nos referimos a áreas donde las casas y el bosque o vegetación se entremezclan, mientras que con la interfaz nos referimos a áreas donde las casas colindan con una gran zona forestal.

En ambos casos, interfaz e intermix, la densidad de casas debe ser igual o superior a 6,18 casas por km². En caso de intermix también debe haber una FCC superior al 50%, es decir, más de la mitad de la superficie cubierta por vegetación. Por otra parte, la interfaz es un poco más compleja: la FCC por debajo de 50%, pero las viviendas tienen que estar situadas a menos de 2 km de distancia de una masa forestal de más de 5km². Esta distancia de 2 km es la que se estima que las pavesas pueden alcanzar y de esta forma crear focos secundarios en el interior o proximidades del área urbana.

En la Tabla 3 podemos ver el resto de clases que se han creado para la formación del mapa de IUF, así como las características de cada una de las clases.

Tabla 3: Clases que se han seguido para la elaboración del mapa de IUF. Fuente: Elaboración propia.

Clase	Viviendas	Vegetación
Clase 1 → Zonas Rurales	Densidad baja o muy baja. Entre 0,1 y 6,18 casas por km ² .	FCC ≤ 50%
Clase 2 → Zonas Urbanas	Densidad alta. Densidad superior a 49,43 casas por km ² .	FCC ≤ 50%
Clase 3 → Bosque frondoso	Sin edificaciones	FCC > 50%
Clase 4 → Zonas de baja densidad edificatoria	Densidad baja o muy baja	FCC > 50%
Clase 5 → Intermix	Densidad media. Densidad superior a 6,18 casas por km ² .	FCC > 50%
Clase 6 → Interfaz	Densidad media. Densidad superior a 6,18 casas por km ² . Situadas a menos de 2 km de distancia de una masa forestal de tamaño superior a 5 km ² .	FCC < 50 %.
Clase 7 → Bosque claro	Sin edificaciones	FCC < 50%

Finalmente tanto en la clase 1 como en la clase 4 la densidad de edificaciones es inferior a 6,18 casas por km², pero se diferencian entre ellas en que la clase 4 se trata de zonas donde la FCC

supera el 50%, por lo que el riesgo es superior que en la clase 1. La clase 2 se refiere grandes zonas urbanas y finalmente las clases 3 y 7 hacen referencia a zonas puramente forestales, sin edificaciones, y la única diferencia entre estas dos clases es la FCC que en la clase 3 se sitúa por encima del 50%.

3.5 Determinación de las zonas prioritarias de actuación

En este último apartado se realiza un análisis geoestadístico de agrupación de la FCC, que podemos definir como la concentración o dispersión de valores de una variable en un mapa (Ávila-Flores, Pompa-García, & Vargas-Pérez, 2011). Por tanto, refleja el grado en que los objetos de una unidad geográfica son similares a objetos de unidades similares próximas. De manera más concisa, queremos conocer la forma en que se espacializa la densidad de vegetación dentro de las zonas de IUF. Para ello se ha utilizado el análisis de clúster y valor atípico (Anselin Local Morans o más conocida como I local de Morans). Los valores indican que la entidad tiene entidades vecinas con atributos altos o bajos similares, es decir hay una homogeneidad espacial de dicha variable. En nuestro caso nos interesa conocer las entidades con valores altos tanto de la misma entidad como de las entidades vecinas que la rodean. De la misma forma podemos conocer un clúster de valores bajos (celda de valor bajo rodeada de celdas con valores bajos), o bien un valor atípico alto rodeado de valores bajos, o bien un valor atípico bajo rodeado de valores altos.

Por tanto, se pretende conocer cuáles son las celdas donde el valor de FCC es más elevado y que a la vez sus vecindades también tengan valores elevados. Esto nos servirá para conocer las zonas donde la FCC sea elevada y a la vez que tenga una cierta continuidad. Finalmente se ha tenido en cuenta la orientación y la pendiente en estos puntos ya que son factores que van a marcar la propagación del incendio y la dificultad de extinción. Para ello, se ha utilizado el mapa de pendiente y orientaciones de la base de datos del IV Plan General de defensa contra incendios forestales de las Islas Baleares, se han reclasificado los valores de ambas capas como muestra la Tabla 4, priorizando las pendientes y orientaciones que más riesgo suponen para un incendio, y se han cruzado las capas solo en aquellas zonas obtenidas en el análisis estadístico, sumándose los valores de pendiente y orientación en cada una de las celdas. De esta forma se permitirá establecer un orden prioritario a la hora de intervenir o actuar debido a su mayor riesgo ante incendios en la interfaz urbano-forestal.

Tabla 4: Valores asignados a la pendiente y orientación en función del riesgo

Pendiente (%)	Valor
0-12,3	1
12,3-36,4	2
>36,4	3
Orientación	Valor
Sur	3
Suroeste	3
Oeste	2
Resto	1

Finalmente se han obtenido dos clases: prioridad 1 y prioridad 2. La prioridad 1 es en aquellas zonas donde al cruzar las capas de orientación y pendiente se ha obtenido un valor superior a 4. Por debajo de este valor será prioridad 2 como refleja la Figura 16, que nos muestra la reclasificación de los valores una vez se han cruzado las capas.

Input raster	
m1_oripen	
Redass field	
VALUE	
Reclassification	
Old values	New values
1	1
2	1
3	1
4	2
6	2
9	2
NoData	NoData

Figura 16: Reclasificación de los valores de la capa resultante tras combinar orientación y pendiente.

A continuación, se presenta de forma esquemática el proceso que se ha seguido para obtener los objetivos definidos:

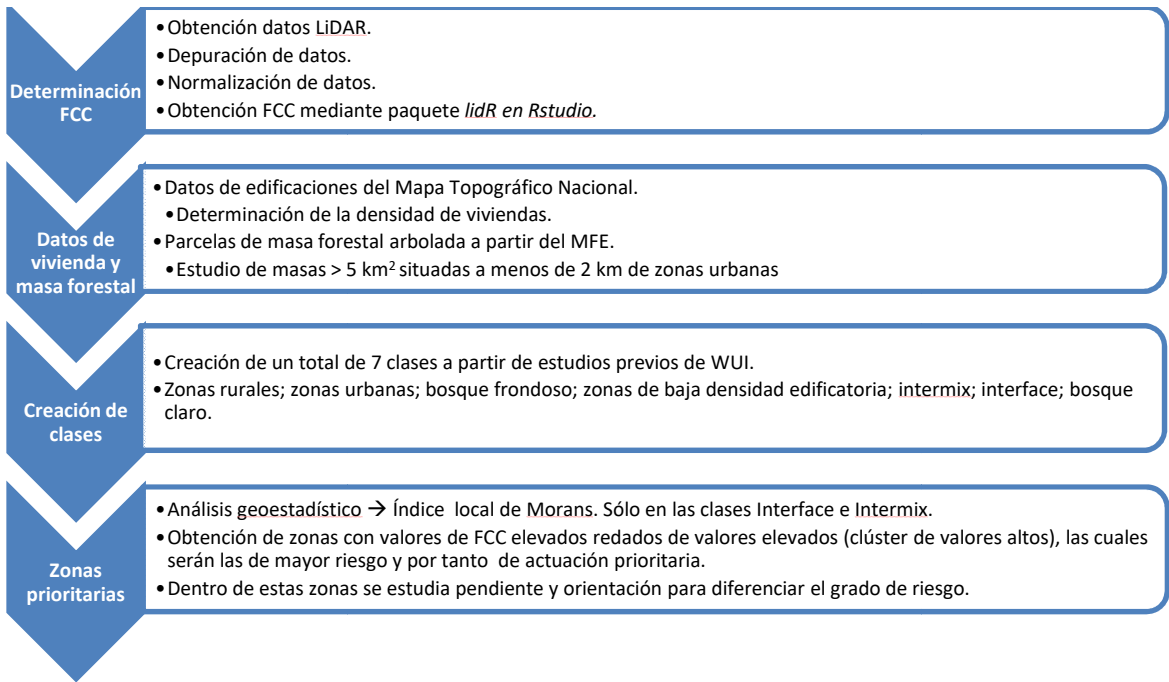


Figura 17: Esquema de la metodología seguida para alcanzar los objetivos propuestos

4 Resultados

En la Figura 18 podemos observar el mapa de la FCC de las Islas Baleares. Se han reclasificado los valores de la capa raster para una observación más clara y se ha calculado la superficie que representa cada uno de los tipos de FCC (A, B, C, y D).

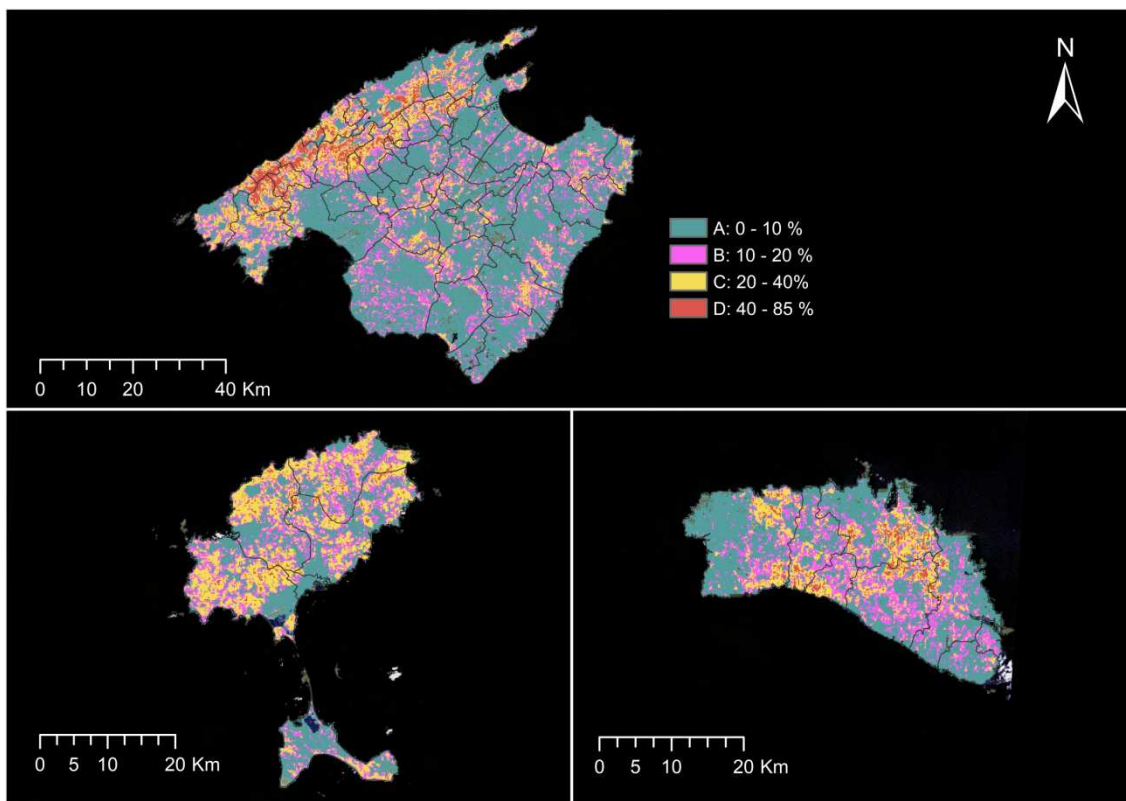


Figura 18: Fracción de cabida cubierta (FCC). Fuente: Elaboración propia.

Tal y como vemos en la Figura 19, la clase A supone más de la mitad del territorio Balear. En esta clase se incluyen desde núcleos urbanos hasta terrenos agrícolas, montañas rocosas, herbazales o incluso alguna zona arbustiva o arbolada pero con muy baja cobertura, etc. Son zonas que por sí solas no representan peligro para la interfaz.

Por otra parte, la clase B representa masas forestales con una cobertura un poco más significativa de hasta el 20% de FCC. Incluye todo tipo de masas forestales abiertas, ya sea matorral o masa arbolada. Esta clase se encuentra prácticamente en todos los municipios de las Baleares.

La clase C representa una superficie similar a la clase anterior, pero en este caso la cobertura es más elevada. Gran parte de las masas de Ibiza se sitúan entre estos valores de FCC. En Mallorca están presentes a lo largo de toda la Serra de Tramuntana, la Serra de Llevant, Puig Randa y en algunas masas de municipios como Costitx. En Menorca encontramos este tipo de FCC en las masas localizadas en zonas costeras en la zona norte y sur de la isla.

Finalmente la clase D representa tan solo un 4% del territorio Balear. Se trata de zonas con una FCC por encima del 40%, presentes en todas las Islas pero mayormente coinciden con la Serra de Tramuntana, sobre todo en la parte noroeste, en municipios como Puigpunyent, Esporles,

Banyalbufar, Valldemossa, etc. En la zona de Alcúdia y Pollença también podemos distinguir algunos puntos con estos niveles de FCC pero en menor grado.

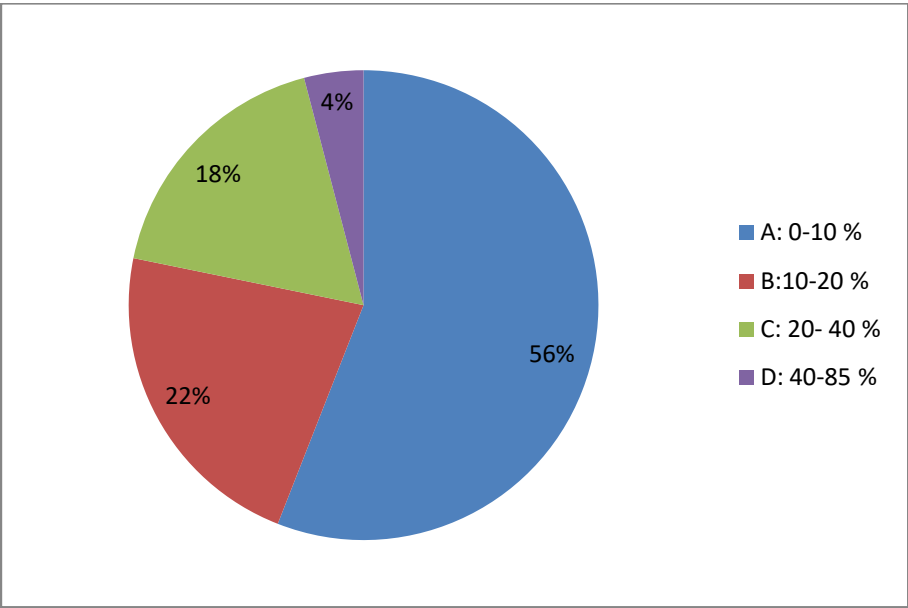


Figura 19: Superficie que ocupa cada una de clases de FCC en porcentaje. Fuente: Elaboración propia.

El mapa de IUF obtenido a partir de las edificaciones y de la FCC masas forestales corresponde a la Figura 20. Nos muestra las diferentes clases que tenemos en las Islas, desde zonas donde exclusivamente hay vegetación hasta zonas puramente urbanas, y diferentes combinaciones entre ambos extremos.

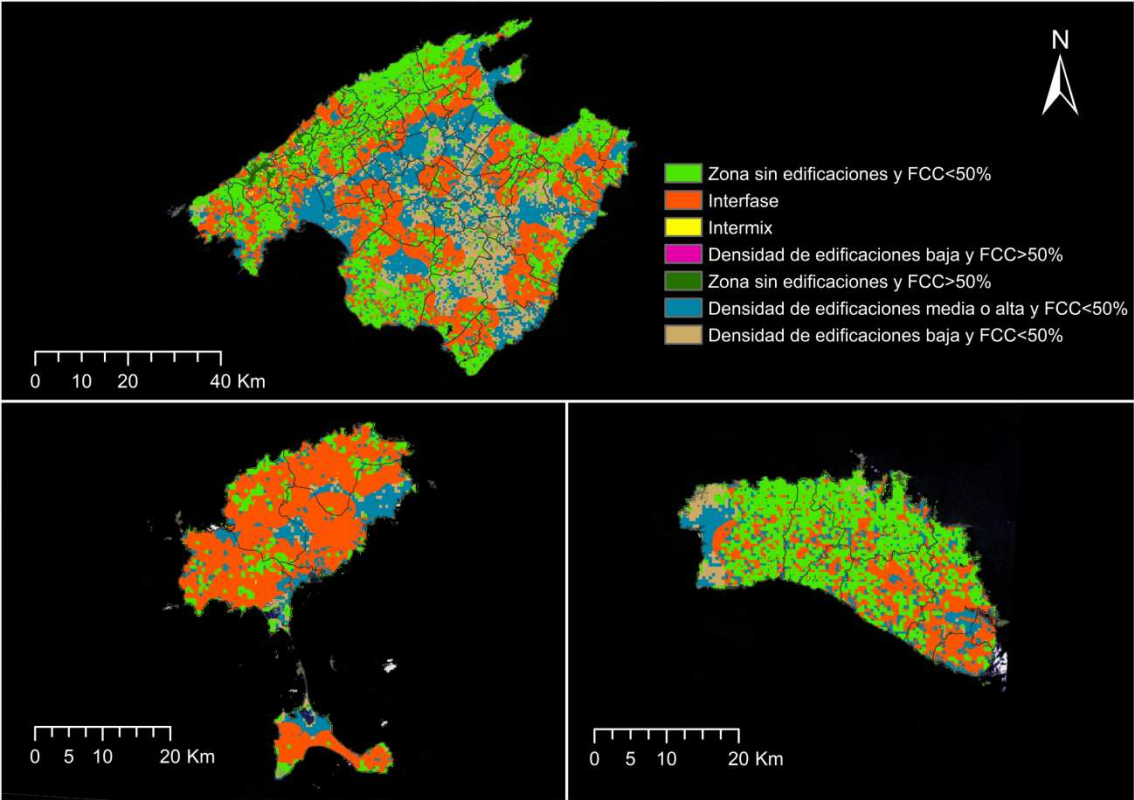
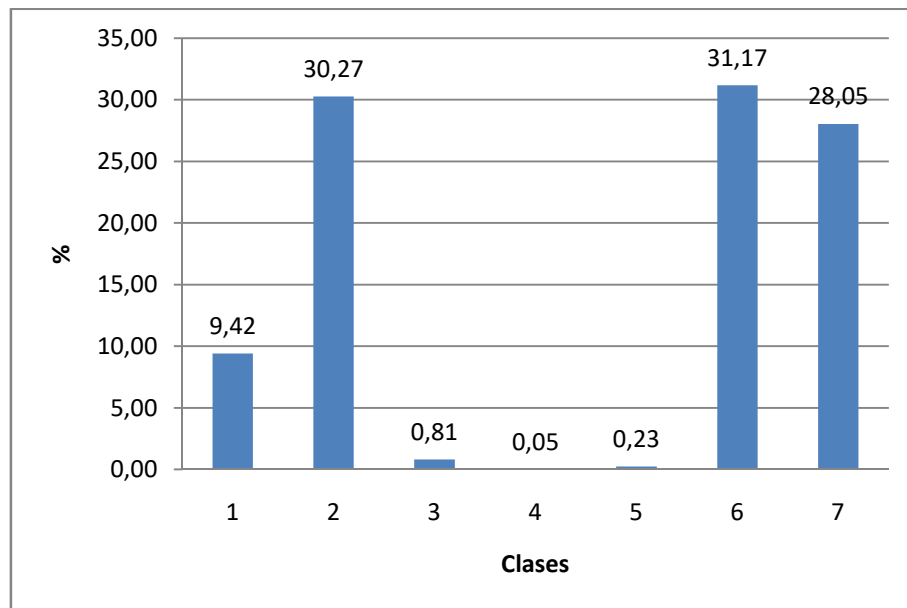


Figura 20: Mapa de Interfaz urbano-forestal. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Superficie que ocupa cada una de las clases del mapa de interfaz. Clase 1: zonas rurales, Clase 2: zonas urbanas, Clase 3: bosque frondoso, Clase 4: Zona de baja densidad edificatoria, Clase 5: intermix, Clase 6: interfaz y Clase 7: bosque claro. Fuente: Elaboración propia.



Mayoritariamente destacan 3 clases:

- La clase 2 nos muestra los núcleos urbanos de mayor tamaño y densidad sin presencia de vegetación, entre los que destacan Palma, Inca, Manacor, Sa Pobla, Muro, Alcudia, Pollença, Lluçmajor, las zonas costeras del levante de Mallorca, Eivissa, Sta. Eulària des Riu, Ciutadella y Mahón.
- La clase 6 hace referencia a lo que nosotros hemos clasificado como interfaz (Figura 21). En Mallorca está presente alrededor de los núcleos urbanos de la Serra de Tramuntana, desde la zona de Andratx y Calvià hasta Pollença. También en los exteriores de los municipios de Palma, Marratxí, Algaida, Campos, Ses Salines, Santanyi, toda la cosa de la zona del levante, Costitx y Sta. Margalida. En Ibiza y Formentera vemos que mayormente abunda la clase de interfaz, a diferencia de Menorca, que donde está más presente es en la parte este de la isla.

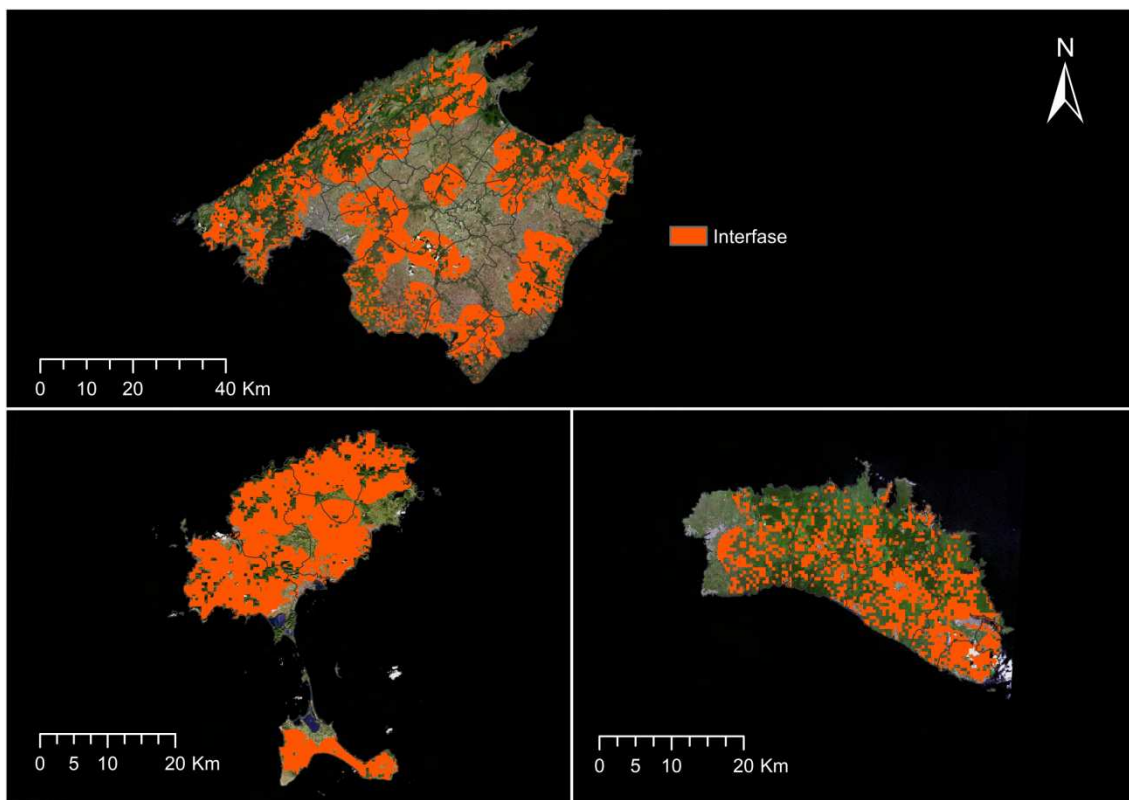


Figura 21: Clase 6, zonas de interfaz urbano-forestal de las Islas Baleares. Fuente: Elaboración propia.

Debido a que esta clase abarca mucho territorio, se ha querido precisar más y cartografiar aquellas zonas donde el riesgo es más elevado debido a una mayor continuidad de masa forestal y siguiendo los pasos explicados en la metodología se ha obtenido el mapa de la Figura 22, que nos muestra las zonas de IUF de actuación prioritaria, debido a que el análisis estadístico realizado ha mostrado una agrupación de valores elevados de FCC en estas zonas.

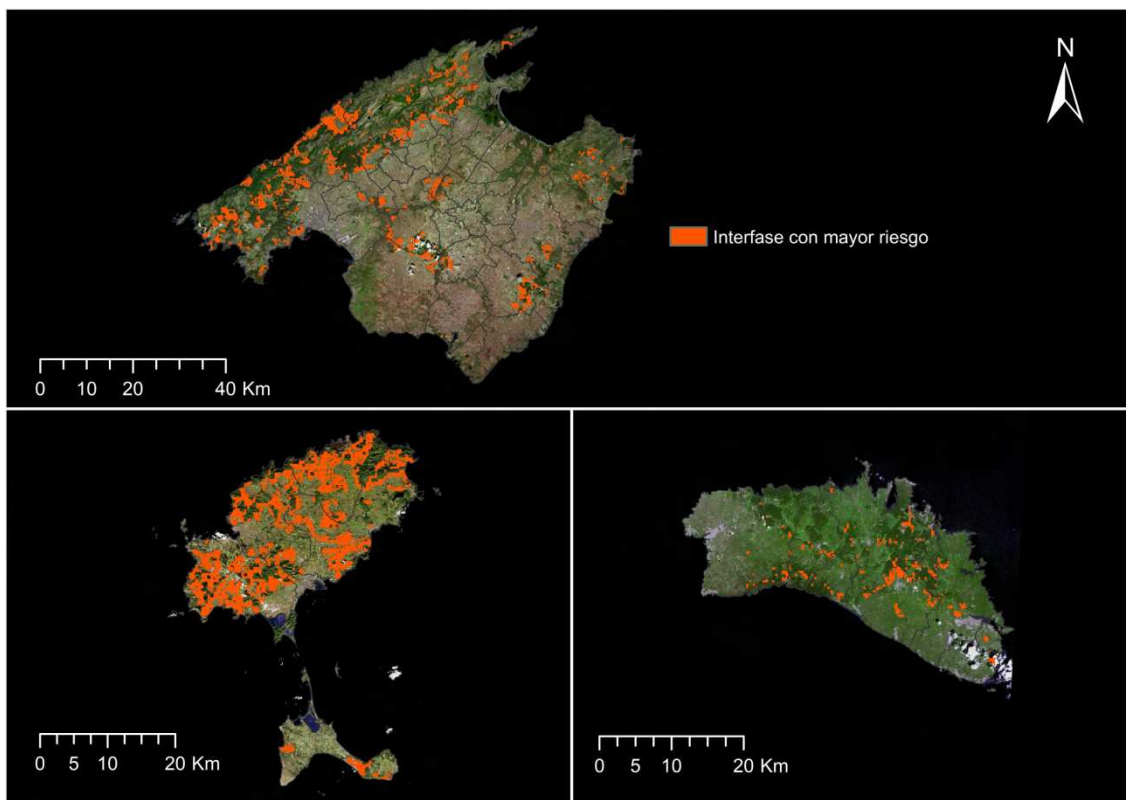


Figura 22: Zonas de interfaz con mayor riesgo por elevados valores de FCC. Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las zonas prioritarias de actuación se ha decidido hacer un análisis más profundo combinando el mapa de orientación y pendientes con las zonas de interfaz con mayor riesgo, como se ha explicado en la metodología. El resultado es el mapa de la Figura 23, con dos prioridades: la prioridad 1 ocupa un total de 7650ha repartidas por todo el territorio balear y hace referencia a las zonas donde además de cumplir las características de las zonas de interfase con mayor riesgo de la Figura 22, también tiene unas condiciones de pendiente, orientación o ambas combinadas que le confieren un mayor riesgo. Son zonas generalmente situadas en vertientes montañosas y orientaciones sur-suroeste. Por su parte, la prioridad 2 ocupa 36992,25ha que hace referencia el resto de superficie de las zonas de interfase con mayor riesgo.

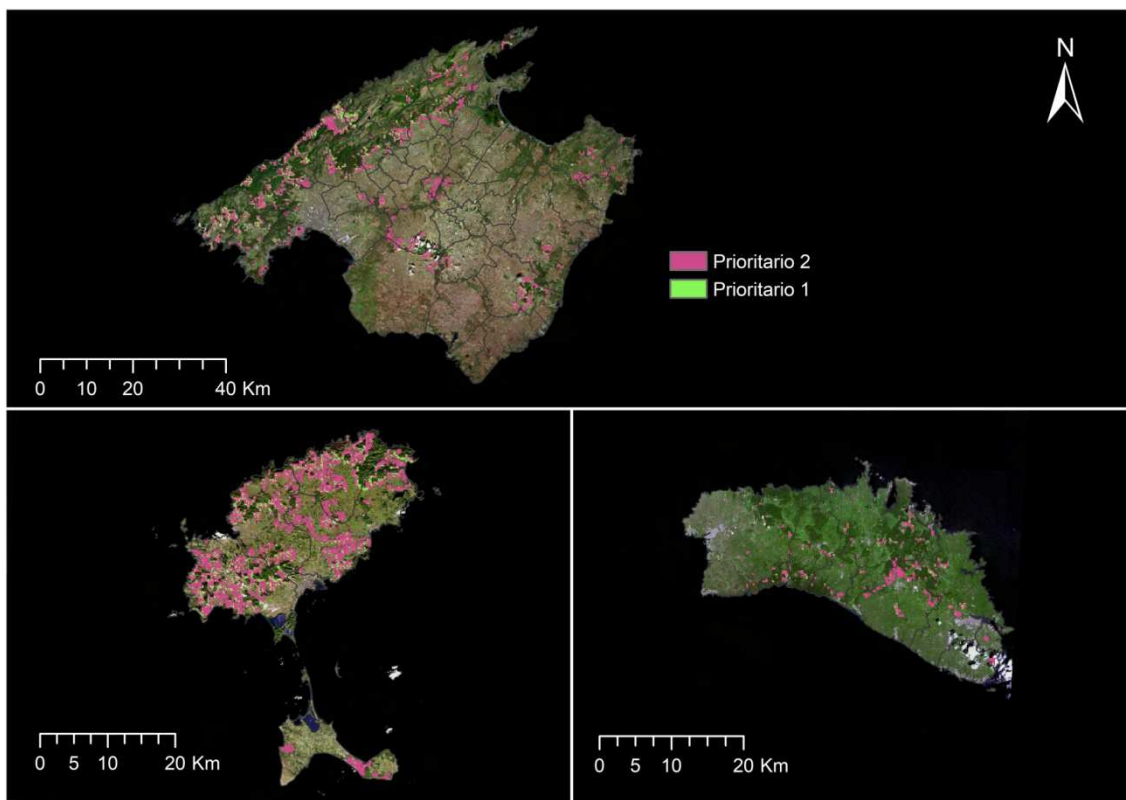


Figura 23: Zonas de interfaz con mayor riesgo donde se distinguen dos prioridades en función de la pendiente y orientación. Fuente: Elaboración propia.

- Finalmente, la clase 7 también muy abundante, se refiere a zonas sin edificaciones donde de vegetación asume valores inferiores al 50% de FCC, ya bien sean zonas arbustivas o arbóreas. Destaca la Serra de Tramuntana, la zona sur de Lluçmajor y cap de Ses Salines, Felanitx, Artà y la zona donde confluyen Sta. Margalida, Maria de la Salut, Ariany y Petra. En Ibiza son pocas las zonas que cumplan estas condiciones, y finalmente en Menorca una gran parte del territorio corresponde a esta clase.

El resto de clases en conjunto suponen menos del 12% del territorio:

- En primer lugar, la clase 1 es la más frecuente dentro de este grupo. Hace referencia muchas zonas rurales y agrícolas, destacan el Pla de Mallorca y oeste de Ciutadella.
- La clase 3 nos muestra las zonas puramente forestales sin viviendas y con elevados valores de FCC. Destaca la Serra de Tramuntana, en concreto Banyalbufar, Estallencs, Esporles, Puigpunyent, Deià, Bunyola, Escorca y en Menorca destaca una mancha en Es Mercadal.
- La clase 4 es la menos abundante y muestra zonas con baja densidad de viviendas dentro de la clase 3, es decir, en lugares de FCC por encima del 50%.
- Finalmente la clase 5, nos muestra las zonas de intermix. Como se puede observar en la Figura 24, encontramos pocas zonas de este tipo en las Islas pero mayoritariamente se encuentran en enclaves de la Serra de Tramuntana.

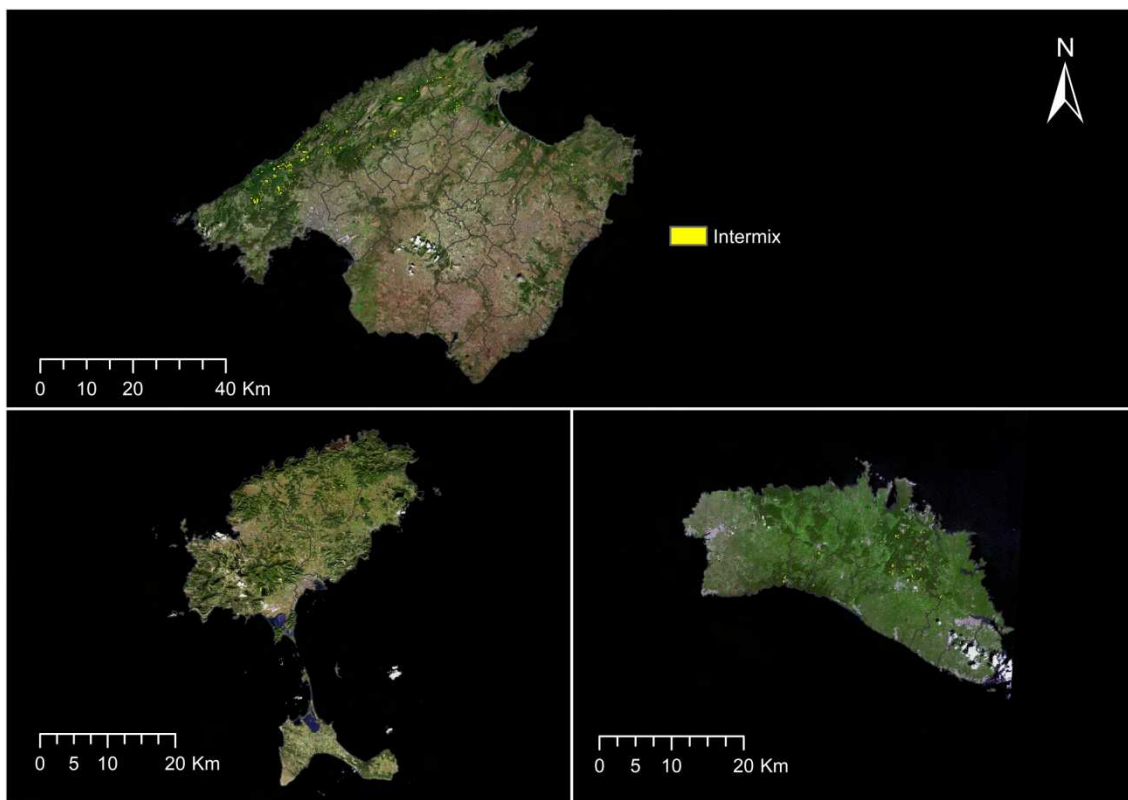


Figura 24: Clase 5, zonas de intermix en las Islas Baleares. Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de establecer un orden prioritario de actuación como en el caso de la interfaz se ha elaborado el mapa de la Figura 25, que nos marca una prioridad en Banyalbufar, Esporles, Valldemossa, Bunyola, Deià y Mancor de la Vall.

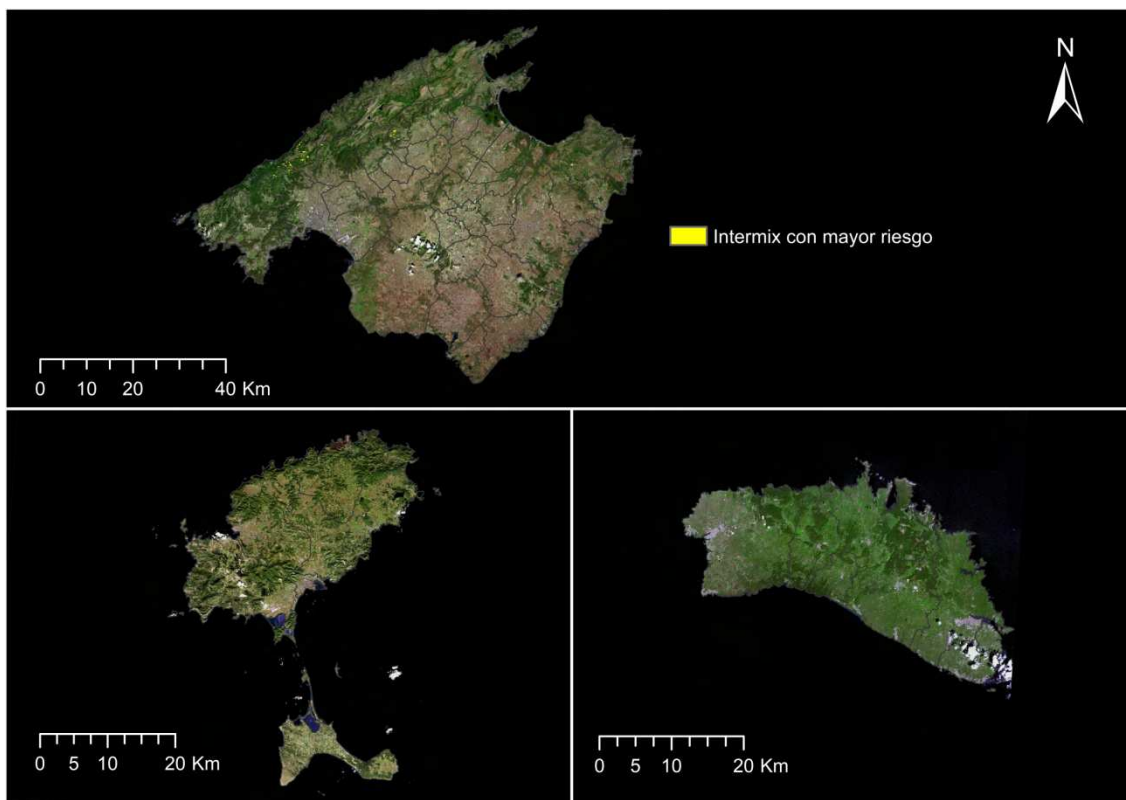


Figura 25: Zonas de intermix con mayor riesgo por elevados valores de FCC. Fuente: Elaboración propia.

Con tal de valorar la interfaz a nivel de municipios, se ha calculado la superficie de interfaz de cada municipio y se ha calculado el porcentaje respecto a la superficie total del municipio como se muestra en la Figura 26. Los municipios que tienen mayor porcentaje de IUF son: Andratx, Estallencs, Puigpunyent, Esporles, Valldemossa, Deià, Soller, Fornalutx, Alaró, Mancor de la Vall, Campanet y Costitx en Mallorca, y en Ibiza todos los municipios excepto su capital.

En segundo lugar, están los municipios donde entre el 4,5% y el 14,5% de su superficie son zonas de IUF. Estamos hablando de Calvià, Banyalbufar, Bunyola, Santa María, Santa Eugènia, Algaida, Selva, Pollença, Felanitx, Manacor, Artà, Sant Llorenç, Ibiza, Formentera, Es Mitjorn y Alaior. El resto de municipios se encuentran en una situación de interfaz más estable, y la superficie de interfaz está por debajo del 4,5%.

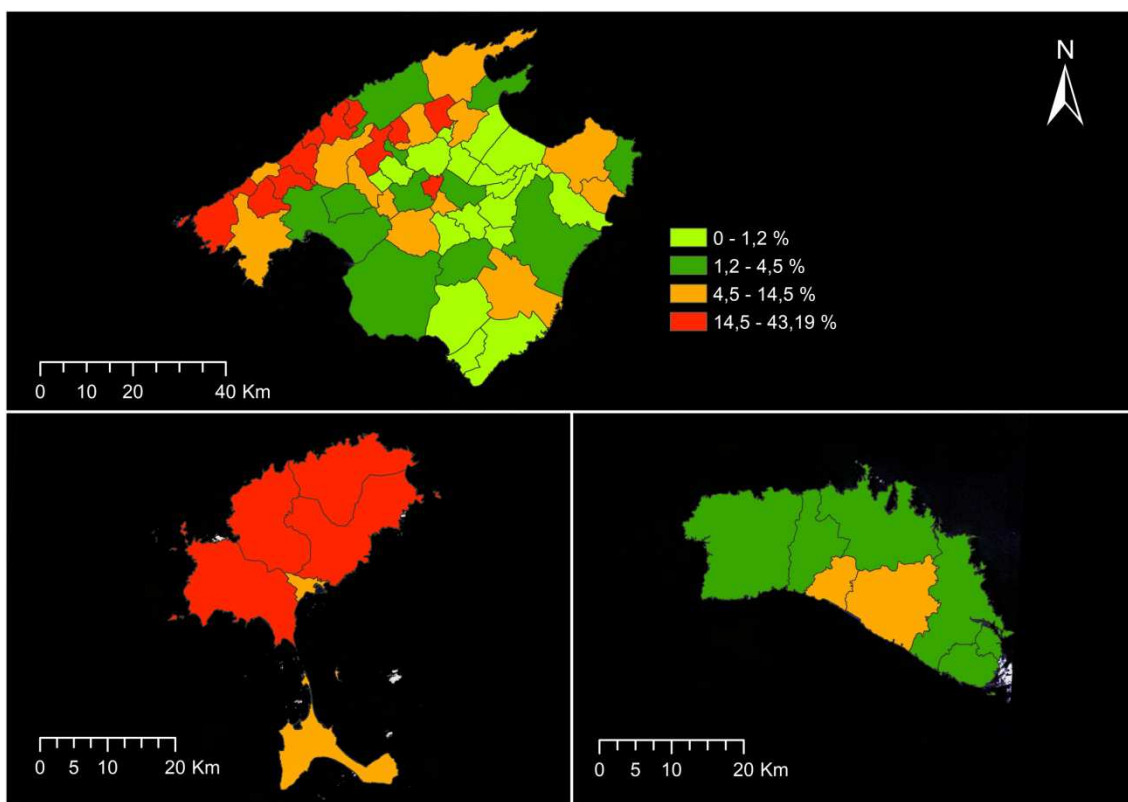


Figura 26: Porcentaje de superficie de IUF respecto a la superficie del municipio. Fuente: Elaboración propia.

5 Discusión

Los incendios forestales se han convertido en un problema. Los largos periodos de sequía cada vez más frecuentes y duraderos, combinados con grandes acumulaciones de biomasa forestal dan como resultado el gráfico de la Figura 27, donde podemos observar la superficie media que se quema cada año desde el 2008 hasta el 2018 durante la época de incendios. En rojo podemos ver la superficie quemada en lo que llevamos de este año 2019, que ya se encuentra muy por encima de la media.

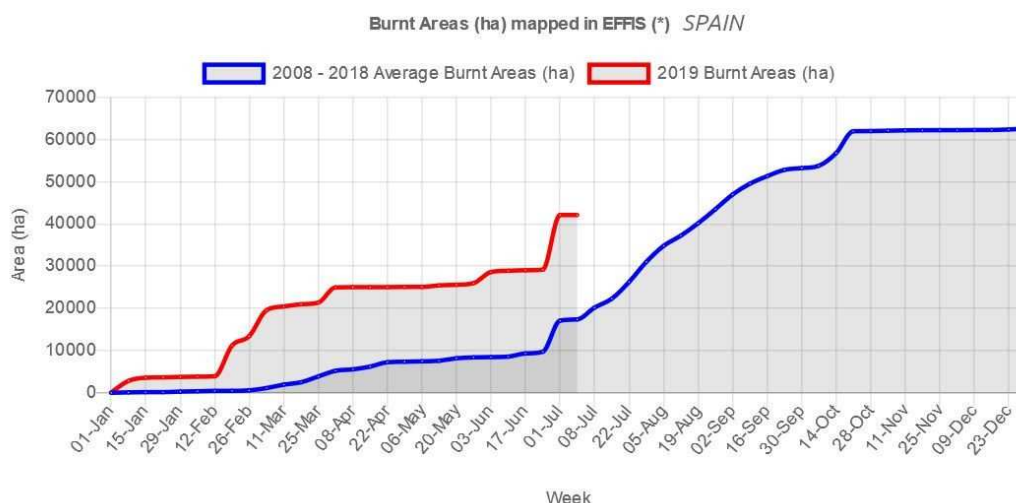


Figura 27: Evolución superficie quemada en España. Fuente: <http://effis.jrc.ec.europa.eu/>

Por otro lado, cada vez más estos incendios se están produciendo en zonas de interfaz urbano-forestal, llegando a punto de tener que evacuar urbanizaciones enteras por el riesgo de incendio. En la Figura 28 podemos ver como se está aumentando año tras año el porcentaje de evacuaciones en relación al número de incendios, poniendo en jaque las zonas de interfaz (Hernández, 2017).

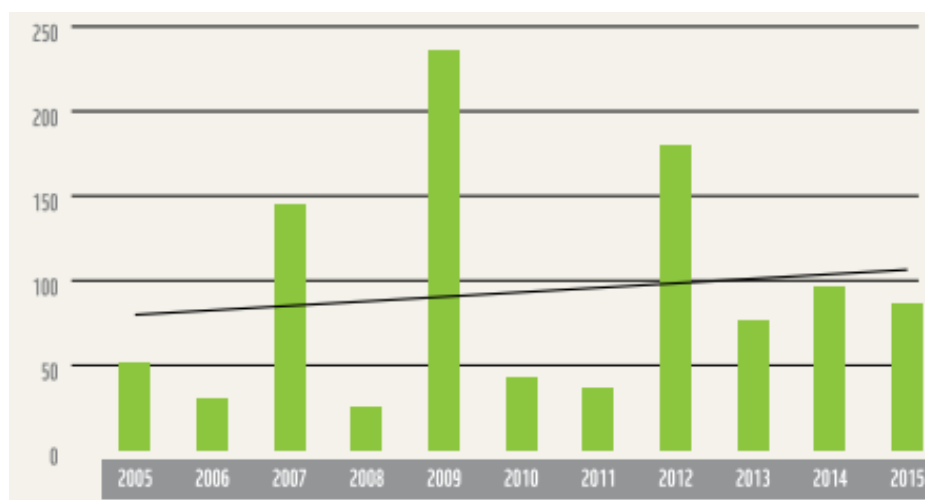


Figura 28: Evolución de la proporción de evacuados en relación al total de siniestros. Fuente: (Hernández, 2017)

Es verdad que la superficie forestal total se ha visto reducida ligeramente (Figura 5) en el último inventario en comparación al anterior, pero se justifica y se atribuye a la disminución de la superficie forestal desarbolada, pero la superficie arbolada ha crecido y es donde se centra

este estudio en relación a los incendios forestales, ya que son las zonas donde hay más cantidad de combustible y resultan de mayor riesgo.

De la misma forma, los valores obtenidos de FCC pueden resultar bajos en comparación al Mapa Forestal de España, donde los datos son extraídos de parcelas de campo y hacen una distinción entre la FCC arbolada, arbustiva, herbácea y total. En cambio, en nuestro estudio se han obtenido los datos mediante tecnología LiDAR y solo se ha tenido en cuenta la vegetación dentro de un intervalo de entre 2 y 30 metros de altura, que es la vegetación arbustiva y arbórea que al haber más combustible disponible nos puede generar un fuego de más intensidad y más dificultad de extinción (Carmona, Germán, Garnica, Agustín, & Durán, 2011), y por tanto, supone más riesgo para las zonas de interfaz. Esto no quita que en las otras zonas no haya riesgo de incendio, hay mucha superficie que aparece marcada como clase A (Figura 18) y está cubierta por *Ampelodesmos mauritanica*, que es una especie que se ve favorecida por la recurrencia de incendios (Pausas, 2004). Son, por tanto, zonas donde la vegetación arbórea no se desarrolla por la recurrencia de incendios y por la consecuente pérdida de suelo como ha pasado en el Parc Natural de Llevant.

La FCC nos permite conocer la espesura de la masa forestal que es una variable imprescindible para definir el riesgo de incendios, pero para definir el riesgo en la interfaz también es muy importante conocer la cantidad y distribución de las viviendas. Cuanto más cerca de la masa forestal estén los núcleos urbanos y cuanta más vegetación haya en su interior mayor riesgo, ya que el fuego tendrá más facilidad para propagarse y avanzar por su interior. De esta forma se hace la distinción entre intermix e interfaz, el primer caso en que la vegetación se entremezcla con las viviendas de forma más o menos homogénea es menos común que la interfaz, donde la masa y la urbanización colindan. Las zonas marcadas como interfaz abarcan mucho territorio ya que el estudio está más enfocado ante los GIF (grandes incendios forestales), es por ello que se tienen en cuenta continuidades de masa forestal arbolada superiores a 500ha. Los incendios que se consiguen controlar a tiempo y se puede frenar su avance hacia zonas de interfaz no tienen por qué llegar a las casas, pero en el caso de un incendio que no se consigue frenar con el primer ataque en época desfavorable y con las condiciones propicias para que se produzca un GIF, caracterizados por estar fuera de la capacidad de extinción, las zonas marcadas en el mapa de interfaz correrían peligro.

Cabe comentar también la diferencia en términos de superficie de nuestro mapa de IUF con el mapa elaborado por Tecnosylva que aparece en el IV plan general de incendios de las Islas Baleares (Figura 29). Esta diferencia se debe a que en nuestro caso se trata de una relación que se ha establecido entre datos de urbanización, datos de FCC del LiDAR y masas de gran tamaño, por su parte, el mapa del IV plan se centra únicamente en el entorno más inmediato de la urbanización, en los primeros 20-30 metros en función de la agregación de las viviendas. Son por tanto estudios de diferente magnitud, pero lo que resulta importante es que a grandes rasgos coinciden en la mayoría de zonas que se encuentran en riesgo.

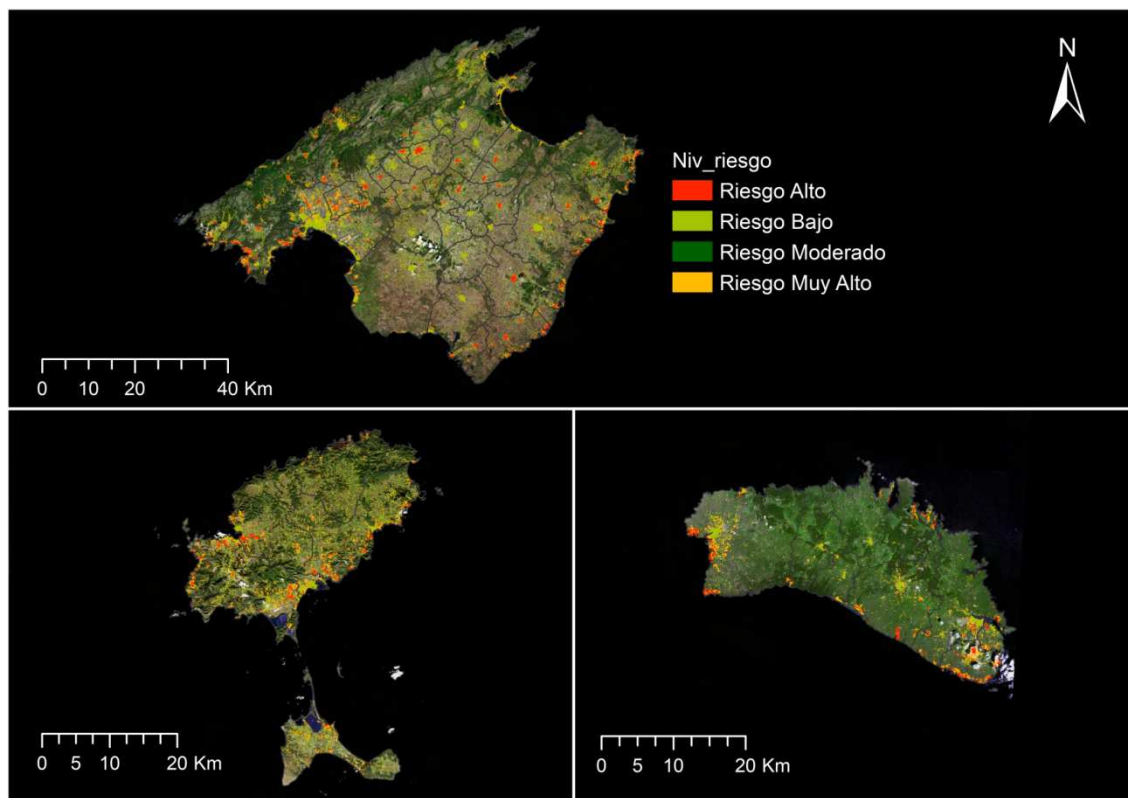


Figura 29: Mapa Interfaz del IV Plan General de defensa contra incendios de las Islas Baleares. Fuente: (Plan & Defensa, 2013).

El orden prioritario que se establece es importante en el caso de la interfaz, dado que en el mapa de IUF esta clase abarca las zonas con una FCC que va desde 0 a 50%, y al hacer el análisis estadístico se reduce solo a aquellas zonas de mayor FCC y mayor continuidad. Sería inapropiado proponer actuar en la totalidad de las zonas que se han marcado como interfaz debido a la gran superficie que abarca, por este motivo se ha hecho la priorización. También se ha tenido en cuenta en estas zonas la pendiente y orientación del terreno, ya que en la orientación sur-suroeste el combustible se encuentra más seco y más disponible para arder y la pendiente juega a favor de la propagación del incendio. En el caso de la intermix se hace también una priorización, pero de todas formas estas áreas son siempre de alto riesgo en su totalidad, ya que estamos hablando de valores de FCC elevados entremezclados con viviendas. Las viviendas que se encuentran en intermix, en la mayoría de casos es el propietario quien debería de tomar las medidas oportunas para la protección de la vivienda ya que generalmente se trata de casas más aisladas o dispersas.

El mapa de la Figura 26 nos permite conocer cuáles son los municipios que tienen más superficie de interfase y por tanto más opciones de sufrir un incendio de interfaz-urbano forestal. En este mapa destaca la situación preocupante de Ibiza, donde todos sus municipios tienen un riesgo elevado de que en caso de incendio forestal se vea afectada alguna zona urbana. Esta situación es debida entre otras cosas, a la gran presión turística que ha llevado a urbanizar mucho en zona forestal y paralelamente ha seguido aumentando la cantidad de biomasa en los bosques debido a la falta de recursos para la gestión.

6 Medidas de prevención

Los métodos más comunes para reducir el riesgo son los tratamientos sobre el combustible, que van encaminados a limitar la propagación del incendio, disminuir su gravedad y proteger los valores del paisaje. También se está intentando fomentar la utilización de materiales no combustibles a la hora de construir las viviendas con la finalidad de no arder, ya que las casas en si son una fuente de combustible (Bar Massada et al., 2011). Es muy importante cuando hablamos de IUF el concepto de autoprotección, que no solo incluye los tratamientos de vegetación, sino que también es necesario tener una buena red de hidrantes, una correcta señalización de la red viaria o líneas de defensa húmedas (SIDEINFO, 2018).

En el caso de las Baleares la Ley agraria 3/2019 del 31 de enero, hace referencia a algunas medidas de prevención ante las situaciones de interfaz:

- Mantener franjas de 30 metros libres de combustible vegetal mediante desbroces selectivos o claras y podas, con tal de romper la continuidad vertical y horizontal de la vegetación. También se deberán hacer estos mismos tratamientos 10 metros a cada lado de los viales de acceso a casas unifamiliares situadas en terreno forestal. En el caso de los núcleos urbanos será el Ayuntamiento el responsable del cumplimiento de esta normativa, y en el caso de viviendas unifamiliares en terreno forestal será responsable el propio particular.
- Mediante instrumentos de planeamiento urbanístico y planificación forestal, se fijarán normas de seguridad y defensa de los montes en las zonas de interfaz, sin perjuicio de las normas y leyes de protección civil referidas a la autoprotección.

Es importante el cumplimiento de la normativa por parte de los ayuntamientos y redactar planes de actuación y protocolos para conseguir el mayor grado de defensa activa con tal de reducir el tiempo de reacción en caso de producirse un incendio que pueda afectar a viviendas. Por tanto, se propone como medidas básicas el cumplimiento de la normativa vigente y hacer actuaciones sobre el combustible en el entorno más inmediato de la vivienda llevando a cabo los siguientes tratamientos silvícolas:

- Construcción de fajas de defensa de 30 metros con la finalidad de crear una discontinuidad en el combustible y facilitar los trabajos de extinción en estos puntos. Los tratamientos consisten en disminuir el estrato arbustivo y herbáceo mediante desbroces para evitar el fuego de superficie.
En el estrato arbóreo se disminuirá el número de pies mediante claras y se realizará una poda baja de los pies remanentes eliminando la continuidad vertical y el riesgo tener fuego de copas. Se deberá en todos los casos o bien extraer la madera del monte o bien realizar un tratamiento de restos *in situ*. El tipo de desbroce, el tipo de clara, el peso de la clara, el tipo de poda y la altura de poda irá en función de cada especie y del nivel de riesgo de cada zona.
- Mantenimiento cada 4 años de fajas de defensa ya existentes también mediante claras, desbroces y tratamientos de restos.
- Controlar la vegetación en el interior de la urbanización, especialmente en los jardines, parques y en solares abandonados. Mantener limpios los tejados de las casas, sin hojarasca ni otros restos vegetales, para evitar la ignición en caso de caída de pavesas.

Mediante las actuaciones propuestas se busca reducir la carga de combustible en aquellas zonas donde hay un modelo de combustible 4, 6 o 7 de tal forma que el modelo resultante sea el 1, 2, 8 ó 9 disminuyendo así la peligrosidad.

Tabla 6: Clasificación de los modelos de combustible presentes en las Islas Baleares. Fuente: Elaboración propia.

Modelo de combustible	Descripción
0	Incombustible
1	Pastos bajos
2	Pastos fuertes con matorral
3	Herbazales muy alto
4	Matorral o arbolado joven muy fuerte y denso
5	Matorral denso y bajo
6	Matorral denso y alto
7	Matorral alto inflamable, frecuentemente bajo arbolado
8	Bosque limpio de hoja pequeña y compacta
9	Bosque limpio de hoja grande y esponjada
10	Restos de leñas fruto de vendavales o plagas
20	Mixto de pasto fuerte con afloramientos rocosos

Otras medidas importantes ante este tipo de incendios:

- Detectar zonas que puedan convertirse en un PEG (punto estratégico de gestión)
- Vías de evacuación bien señaladas y mantener las vías de acceso principales con las mismas características que las fajas de defensa.
- Mantener una buena red de hidrantes y puntos de agua.
- Necesidad de redactar un plan de autoprotección para obtener el permiso de edificación.

Las medidas propuestas deberían realizarse en primer lugar o de forma más urgente en todos los núcleos urbanos o viviendas cercanas a las zonas marcadas como interfase con mayor riesgo (Figura 22) priorizando las zonas según la Figura 23, y en las zonas intermix, así como un tratamiento en los puntos críticos siguiendo las mismas directrices que para la construcción de fajas de defensa. En segunda instancia deberían tratarse los perímetros de los núcleos urbanos en el resto de zonas de interfase.

Ante grandes incendios forestales esta distancia de 30 metros puede resultar efectiva en cuanto al contacto directo del frente del incendio con las casas, pero sobre todo es un punto de apoyo para el operativo de extinción, una zona de oportunidad para atajar la propagación. Así y todo, los 30 metros pueden resultar inefectivos en cuanto a los focos secundarios que pueden aparecer en el interior de la urbanización debido a las pavesas, la constante lluvia de brasas que produce este tipo de incendios. Por tanto, es muy importante que la gestión forestal vaya encaminada a la prevención de los GIF, actuando sobre la capacidad de propagación del incendio, reduciendo la densidad arbórea y principalmente reducir la cantidad

de vegetación de sotobosque. Por tanto, se propone de cara a grandes incendios incentivar medidas como:

- Gestión del combustible en zonas amplias, donde la carga de combustible sea elevada y tengamos continuidad tanto vertical como horizontal. Estas intervenciones tendrían que ir vinculadas con el aprovechamiento de biomasa, con la finalidad de autofinanciar los tratamientos silvícolas.
- Promover los planes de ordenación y gestión de las fincas grandes cercanas a núcleos urbanos, con la finalidad de conseguir masas regulares y sin sotobosque como herramienta de prevención de grandes incendios en las proximidades de los núcleos urbanos.
- Promover las quemas prescritas y especializar al personal en este tipo de tratamiento, ya que resulta un método eficaz y muy rentable para la reducción de combustibles.
- Promover la ordenación conjunta de la pequeña propiedad privada, mediante instrumentos similares al PTGMF (Plan Técnico de Gestión y Mejora Forestal) que se está utilizando en Catalunya. Se basa en la agrupación de los propietarios de una zona para disminuir los costes fijos que supone tanto la redacción del proyecto como las actuaciones que se lleven a cabo y obtener un beneficio del monte, acceder a subvenciones, asegurar la regeneración de la masa, minimizar riesgo de erosión, reducir el riesgo de incendio, contribuir a la mitigación del cambio climático, etc.

Los GIF y los incendios de IUF han aumentado en todo el mundo, tanto en frecuencia y tamaño, como en costes de extinción y daños a la propiedad. Varios estudios han demostrado que los tratamientos sobre el combustible no tiene un efecto significativo en cuanto a la reducción de costes de extinción, pero sí que aumentan la eficiencia de los esfuerzos de extinción y por consiguiente se reducen los daños a los recursos y a la propiedad (Loomis, Collie, González-cabán, José, & Rideout, 2019).

7 Valoración económica y posibles salidas a la madera

El coste de las actuaciones irá en función de las características fisiográficas de la zona de actuación, de la vegetación presente y de lo que se decida a hacer con la madera y los restos de corta. Con las intervenciones que se realizan no dan para obtener un producto de calidad destinado a industria, ya que en general lo que más se saca haciendo las franjas es matorral, restos de poda, y algunos pies de diámetros pequeños procedentes de una clara por lo bajo. Por tanto, lo más común será utilizar lo extraído para leñas, astillarlo para biomasa o bien tratar los restos mediante quemas o trituración *in situ*. En el caso de intervenciones a una mayor escala también podría plantearse destinar la madera que se extrae a la industria del palé.

A continuación, se facilitan cuadros de precios extraídos de TRAGSA, y cada municipio o particular deberá decidir si le interesa aprovechar o no la biomasa extraída de las franjas.

Tabla 7: Tabla de precios de las intervenciones

Intervención	Descripción	Precio
Roza del matorral	Cubierta <=50% y Pendiente <=10%	234,40 euros/ha
	Cubierta <=50% y Pendiente >10 % <=20%	320,27 euros/ha
	Cubierta >50% y Pendiente <=10%	507,81 euros/ha
Apeo	Ø<= 20cm, densidad <=1500 pies/ha	0,61 euros/pie
Apilado	Ø<= 20 cm sin matorral	5,42 euros/estéreo
Eliminación residuos mediante astilladora	Astillado de residuos forestales apilados	123,64 euros/t
Poda	Hasta 3 metros de altura	1,63 euros/pie

Teniendo en cuenta la superficie forestal y la biomasa presente en las Baleares, se ha calculado una media de 50 t/ha de biomasa forestal. Se propone eliminar 1/3 de la biomasa en las actuaciones descritas anteriormente para reducir el combustible en las fajas de defensa. Por tanto el precio por hectárea tratada rondaría los 2405 euros.

8 Conclusión

Son muchas las zonas donde un incendio que no se consiga controlar a tiempo podría llegar a destruir casas e incluso poner en riesgo a la población. Es verdad que el número de incendios ha disminuido, pero cada vez son más frecuentes los GIF y devoran más superficie. Las grandes causas que nos han llevado a esta situación son en gran parte producidas por la acción del hombre (cambio climático, abandono rural, aumento de biomasa y combustible forestal, rururbanización, etc.). Es por esto que somos nosotros, la sociedad, quienes podemos frenar las situaciones y episodios de estas características. Para ello, es necesario fomentar las energías renovables, realizar una gestión forestal sostenible de nuestros montes que, a la vez, actúan como sumideros de CO₂ y suponen una herramienta importantísima para la mitigación del cambio climático. Otra forma de crear paisajes más resistentes al fuego es mantener un mosaico agroforestal, y para ello es importante favorecer la agricultura y ganadería consumiendo producto de nuestra tierra.

En el caso de los incendios el mayor problema no es la ignición que produce el fuego, sino el estado de nuestros bosques cuya acumulación de grandes cantidades de biomasa hace que los incendios tengan mucho más combustible para quemar y lleguen a tener intensidades muy elevadas pudiendo pasar a estar fuera de la capacidad de extinción. Ante estos incendios tan virulentos no solo es importante mantener unas buenas fajas de defensa, sino también mantener en buen estado los jardines y zonas verdes dentro de los núcleos urbanos, para evitar que puedan aparecer focos secundarios originados por pavesas.

La cartografía presentada en este estudio supone una herramienta útil para la gestión de aquellas zonas extensas y con espesuras elevadas donde un incendio puede llegar a poner en riesgo los núcleos urbanos. Los datos utilizados del LiDAR han permitido tener una información muy precisa de la cubierta forestal que pueden ser utilizados como herramienta de gestión. Los datos obtenidos nos muestran masas forestales muy continuas y de espesuras elevadas, muy vulnerables a los incendios. La realidad es que se ha conseguido poder extinguir la mayor parte de los incendios, el 65% no llegan a la hectárea, pero ante un gran incendio la única herramienta que nos va a ser útil es una buena planificación territorial y la gestión forestal. Está en nuestras manos decidir el tipo de bosque y el paisaje que le dejaremos a las futuras generaciones.

BIBLIOGRAFIA

- AGRESTA. (2017). Manual para la cuantificación de existencias de biomasa en masas forestales de matorral mediante metodología LiDAR. *Gestion*.
- Aguilera Sanchez, M. (2015). *El régimen jurídico de los incendios forestales*. Tarragona: Publicacions Universitat Rovira i Virgili.
- Alcasena, F. J., Evers, C. R., & Vega-García, C. (2018). The wildland-urban interface raster dataset of Catalonia. *Data in Brief*, 17, 124-128. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.12.066>
- Ávila-Flores, D. Y., Pompa-García, M., & Vargas-Pérez, E. (2011). Análisis Espacial De La Ocurrencia De Incendios Forestales En El Estado De Durango. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, XVI(2), 253-260. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2009.08.028>
- Bar Massada, A., Radeloff, V. C., & Stewart, S. I. (2011). Allocating fuel breaks to optimally protect structures in the wildland-urban interface. *International Journal of Wildland Fire*, 20(1), 59-68. <https://doi.org/10.1071/WF09041>
- Barceló, B. (2000). Historia del turisme a Mallorca. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, XV(50), 31-55.
- Barrado Rubio, A. M. (2016). *Delimitación de la interfaz urbano-forestal (UIF) y riesgo de incendio con tecnologías de información geográfica (TIG)*. 111.
- Berbiela Mingot, L. (2015). La puesta en valor de los pinos y los pinares de Mallorca: Una necesidad ambiental y un reto social. *Monografies de la Societat d'Historia Natural de les Balears*, 2015-Janua(20), 467-485.
- Binimelis, J., & Ordinas, A. (2012). Paisatge i canvi territorial en el món rural de les Illes Balears. *Territoris: Revista del Departament de Ciències de la Terra*, ISSN 1139-2169, N° 8, 2012, pàgs. 11-28, 11-28. Recuperado de <https://0-dialnet.unirioja.es/llull.uib.es/servlet/articulo?codigo=3910461>
- Carles Membrado, J., Huete, R., & Mantecón, A. (2017). Urbanismo expansivo y turismo residencial noreuropeo en la costa mediterránea española. *Via Tourism Review*. <https://doi.org/10.4000/viatourism.1416>
- Carmona, J. X., Germán, J., Garnica, F., Agustín, Á., & Durán, C. (2011). Comparative Analysis of Fire Loads in Forest Ecosystems Disturbed By Fire. *Rev. Mex. Cien. For. Núm*, 2(3). Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v2n3/v2n3a4.pdf>
- Fernandez-González, F., Loidi, J., & Moreno-Saiz, J. C. (2005). *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático: 5. Impactos sobre la biodiversidad vegetal*. 249-302.
- Hernández, L. (2017). Fuego a las puertas. Cómo los incendios afectan cada vez más a la población en España. *World Wide Fund For Nature (WWF) España*.
- IFN. (2012). *Cuarto Inventario Forestal Nacional*. Illes Balears.
- Loomis, J., Collie, S., González-cabán, A., José, J., & Rideout, D. (2019). *Análisis de Costo de Reducción de Combustible de Incendios Forestales : Modelado Estadístico y Modelo de Usuario Para Especialistas en Incendios en Introducción y Objetivos Los tratamientos de combustible son cada vez más vistos como un medio para reducir*. 95-106.
- Martín, L. G. (2012). Las interfaces Urbano-Forestales: Un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (58), 205-226.
- Martinuzzi, S., Stewart, S. I., Helmers, D. P., Mockrin, M. H., Hammer, R. B., & Radeloff, V. C. (2015). *The 2010 wildland-urban interface of the conterminous United States*. <https://doi.org/10.2737/NRS-RMAP-8>
- Membrado Tena, J. C. (2015). Migración residencial y urbanismo expansivo en el Mediterráneo español. *Cuadernos de Turismo*, (35), 259. <https://doi.org/10.6018/turismo.35.221611>
- Meyer, L., Pachauri, R.K., et al. (2014). Cambio climático 2014. Informe de síntesis. Versión

- Castellano. IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L. Moreno, J. M. (2007). Cambio Global e Incendios Forestales: Una Visión desde España. 4ª Conferencia Internacional sobre incendios forestal, (January 2007), 1-22.*
- Pausas, J. G. (2004). La recurrencia de incendios en el monte mediterráneo. *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo*, (Figura 2), 53-64.
- Plan, I. V., & Defensa, G. D. E. (2013). *contenidos*.
- Prometheus S.V. (2000). *Management techniques for optimization of suppression and minimization of wildfire effects*.
- SECF. (2010). *Situación de los bosques y del sector forestal en España*.
- Service, F., & Thompson, C. N. (2001). Urban Wildland Interface Communities Within the Vicinity of Federal Lands That Are at High Risk From Wildfire. *Federal Register*, 66(3), 1-27.
- SIDEINFO. (2018). *Plan de autoprotección frente a incendios forestales del núcleo urbano de Chipude en el T.M. de Vallehermoso*.
- Vélez Muñoz, R. (2009). Cambio global e incendios forestales: perspectivas en la Europa Meridional. *Recursos rurales: revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural (IBADER)*, (5), 49-54.
- Yépez Rincón, F. D., & Lozano García, D. F. (2014). Mapeo del arbolado urbano con lidar aéreo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 5(26), 58-75. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v5i26.290>